Physics
JAN 9 - 1947

Akustische Zeitschrift

im Auftrage der

DEUTSCHEN FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT

unter Mitwirkung der

DEUTSCHEN REICHSPOST und PHYSIKAL.-TECHN. REICHSANSTALT

herausgegeben von

MARTIN GRÜTZMACHER und ERWIN MEYER

1. Martin Kluge: H. Barkhausens Beiträge zur akustischen Forschung 313
2. Arnold Schoch: Betrachtungen über das Schallfeld einer Kolbenmembran 318
3. O. Schäfer: Das elektrische Ersatzschema piezoelektrischer Schallempfänger 326
4. H. F. Gerdien: Über die Strömungswiderstände poröser keramischer Werkstoffe 329
5. Karl Fred Darmer: Raumakustische Wandelbarkeit 331
6. Schrifttum 350

Sechstes Heft — Sechster Jahrgang — November 1941

Verlag von S. Hirzel in Leipzig

Akustische Zeitschrift

Die Zeitschrift erscheint in 6 Heften je Jahrgang. Der Bezugspreis beträgt 10.— RM. je Jahrgang. Von den Originalbeiträgen und zusammenfassenden Berichten stehen den Verfassern 30 Sonderdrucke unberechnet zur Verfügung. Weitere Exemplare werden berechnet und müssen bei Rückgabe der Fahnenkorrekturen bestellt werden

Schriftleitung:

Dr. Martin Grützmacher, Oberregierungsrat und Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin NW. 87, Franklinstr. 22

Professor Dr. Erwin Meyer, Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule, Berlin NW. 87, Franklinstr. 1

*

Beiträge, sowie alle die Schriftleitung betreffenden Zuschriften werden erbeten an: Dr. Martin Grützmacher, Berlin NW. 87, Franklinstr. 22

WECO-DÄMMSTOFFE-DRP.

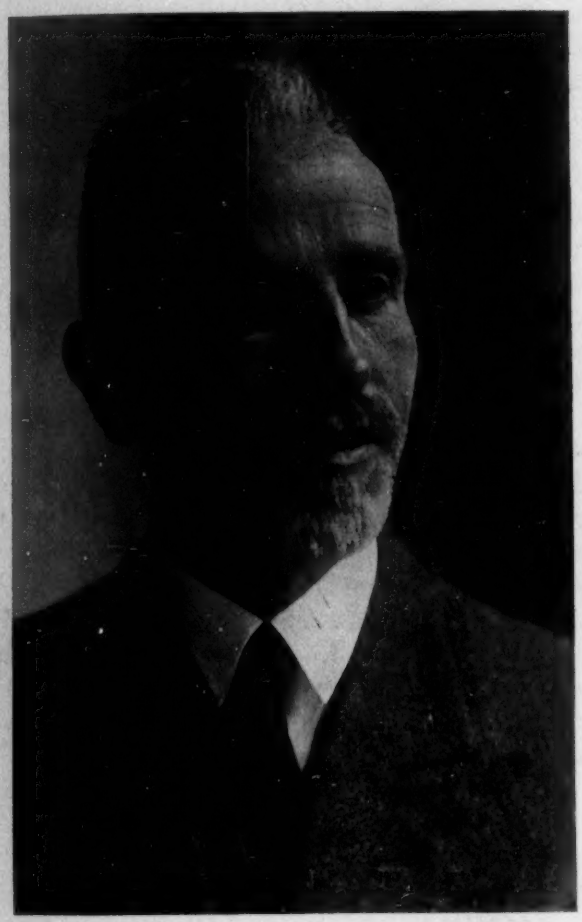
gegen **Schall jeder Art und Stärke** (z. T. auch Wärme) entsprechen den bisherigen Forschungsergebnissen, der neuzeitlichen Technik und den Forderungen der Praxis und Erfahrung und besitzen höchsten Dämmwert, gleichbleibende Dauerwirkung, größte Wirtschaftlichkeit, geringste Baustärke, beste Belastungsfähigkeit und weitgehende Immunität gegenüber allen normalen Einflüssen der Praxis.

Tausendfach bewährte WECO-Schalldämmungen auf Grund **25jähriger Erfahrungen** im In- und Ausland, **zahllose Referenzen** von staatlichen, städtischen, industriellen und sonstigen Bauten und Betrieben über von uns ausgeführte Schall-Dämmungen bei Fußböden, Wänden, Auflagern, Maschinen, Fundamenten usw.

WEISS & CO, LEIPZIG C1 / Weco-Schalldämmungen-DRP.

AKUSTISCHE ZEITSCHRIFT

Sechstes Heft | Sechster Jahrgang | November 1941



Heinrich Barkhausen
60 Jahre

Barkhausen

H. Barkhausens Beiträge zur akustischen Forschung

Von Martin Kluge

Die Elektroakustik, heute ein in Forschung und Technik umfangreiches, bedeutendes Gebiet, entstand vor kaum erst 20 Jahren aus der fruchtbaren Vereinigung von reiner Akustik und Schwachstromtechnik. Zu den Forschern, die diese Entwicklung von den ersten Anfängen an entscheidend gefördert haben, gehört H. BARKHAUSEN, der Begründer und Direktor des Instituts für Schwachstromtechnik an der Technischen Hochschule Dresden. Wir haben doppelten Anlaß, die akustischen Arbeiten BARKHAUSENS und seines Instituts in diesem Heft zu würdigen: am 2. Dezember 1941 feiert BARKHAUSEN seinen 60. Geburtstag, in dem Jahr, in dem sich auch die Gründung des Institutes zum 30. Male jährt.

Die Schaffung des ersten Lehrstuhles in Deutschland, der sich den physikalischen Grundlagen der neuzeitlichen Schwachstromtechnik widmete, war eine Pioniertat von großer praktischer Bedeutung, die später vorbildlich für zahlreiche andere Hochschulen wurde.

BARKHAUSEN steckte das Lehrgebiet umfassend ab, und so finden wir unter den von ihm ausgearbeiteten Übungsversuchen bereits lange vor der Prägung des Begriffes Elektroakustik sehr neuzeitlich anmutende Themen wie: „Bestimmung der Sprachfrequenzen", „Aufnahme der Ohrempfindlichkeitskurve", „Mikrofonempfindlichkeit", „Telefonuntersuchung mit Kompensator", „Akustische Frequenzmessung". Mit derartigen Versuchen und in seinen von wirkungsvollen Vorführungen belebten Vorlesungen hat BARKHAUSEN zahlreiche Studentengenerationen herangebildet, die heute an den verschiedensten Stellen, zum Teil führend, an der technischen Entwicklung der Elektroakustik mitzuarbeiten berufen sind.

Neben dieser in die Breite wirkenden Lehrarbeit verdankt die Akustik BARKHAUSEN zahlreiche Forschungsarbeiten, in denen grundsätzliche Erkenntnisse teils von ihm selbst, teils von Schülern auf seine Anregung und unter seiner immer interessierten und hilfsbereiten Anleitung zutage gefördert wurden. Bereits in seiner Doktorarbeit[1]) berührt BARKHAUSEN mit Betrachtungen über mechanische Schwingungssysteme und über die Wirkungsweise des Kohlemikrophons das Gebiet der Akustik. Es wurde für zwei Jahre sein Hauptarbeitsfeld, als er nach Ausbruch des Weltkrieges als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Torpedoinspektion Kiel eintrat. Hier hatte er Fragen der Unterwasserschalltelegraphie zu bearbeiten. Das Ergebnis eines Teiles dieser Untersuchungen wurde von ihm gemeinsam mit H. LICHTE nach Kriegsende veröffentlicht[2]). Diese Abhandlung ist kennzeichnend für die Gabe BARKHAUSENS, bereits in der Fragestellung den Kern des angepackten Problems so zu treffen, daß sich der Gang der Untersuchung und die Lösung klar und scheinbar zwangsläufig daraus ergeben. Die Untersuchung galt der praktisch sehr bedeutsamen Frage nach der Reichweite von Unterwasserschallsignalen. Die Industrie hatte gut durchentwickelte Geräte geschaffen und es waren auch gelegentlich Höchstreichweiten von 100 km und mehr erzielt worden, jedoch waren diese Ergebnisse recht unregelmäßig. Alle Bemühungen um zuverlässige Höchstreichweiten hatten sich auf eine weitere Vervollkommnung der Apparate konzentriert, ohne größeren Erfolg. BARKHAUSEN bestimmte zunächst durch wattmetrische Aufnahme der Resonanzkurve des Senders in Wasser und Luft die abgestrahlte Schalleistung und den Wirkungsgrad zu 50%. Damit war erwiesen, daß der Sender praktisch gar nicht besser gebaut werden konnte. Mit dem Sender als dosierbarem, quantitativ geeichtem Schallgeber bestimmte er weiter die Absolutempfindlichkeit der Empfänger. Es ist erstaunlich, daß bereits damals quantitative Schallmessungen vorgenommen wurden mit einer Sicherheit, die es BARKHAUSEN erlaubte, diese Messungen als Abnahmemessungen für die Lieferung der Geräte vorzuschreiben. Mit den quantitativ geeichten Apparaten wurde nun die Kernfrage nach der Reichweite der Signale in Angriff genommen. Hierbei wurde jedoch nicht nach der Höchstreichweite, sondern nach der Gesetzmäßigkeit der Abnahme der Schallstärke im Wasser gefragt. Während allgemein eine Abnahme der Intensität umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung angenommen wurde, fanden die Forscher eine exponentielle Abnahme der Energie und zwar mit einem Dämpfungsexponenten, der im untersuchten Bereich angenähert unabhängig von Frequenz und Wassertiefe (oberhalb einer Mindesttiefe von 10 m) war. Dagegen gab es starke örtliche Unterschiede und eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Jahreszeit. Als Ursache für die Energiezerstreuung wurde die „Trübung" des Mediums infolge ungleichmäßiger Temperaturverteilung, Schichtung und Schlierenbildung erkannt. Mit der Erkenntnis des exponentiellen Dämpfungsgesetzes war geklärt, daß Verbesserungen der Apparate oder Steigerung der Sendeleistung nur einen unwesentlichen Einfluß auf die Reichweite haben konnten und daß Hoffnungen auf ähnliche Reichweiten wie die der drahtlosen Telegraphie an den Ausbreitungseigenschaften des Wassers scheitern mußten.

[1]) H. BARKHAUSEN, Das Problem der Schwingungserzeugung. Diss. Göttingen 1907.

[2]) H. BARKHAUSEN u. H. LICHTE, Quantitative Unterwasserschallversuche. Ann. Phys. IV, 62 (1920) 485—516.

Anschließend an diese Arbeiten ließ sich Barkhausen mit der Untersuchung der Elektronenröhren beauftragen. Diese Forschungen gipfelten in der berühmten Dienstschrift[3]), in der Barkhausen die komplizierten physikalischen Erscheinungen in Röhren und ihre Eigenschaften als Verstärker und Sender so grundlegend klärte, daß jeder elektrotechnisch geschulte Ingenieur nach den Barkhausenschen Formeln die Röhren quantitativ beherrschen kann. Auch das ist letzten Endes ein Beitrag zur Entwicklung der Elektroakustik gewesen, denn was wäre diese ohne die weitgehende Anwendung von Elektronenröhren.

Nach Kriegsende widmete sich Barkhausen dem weiteren Ausbau seines Instituts, das sich geradezu stürmisch entwickelte. Neben den zahlreichen Röhrenuntersuchungen, die in Fortsetzung der Kieler Arbeiten entstanden, wurde weiterhin auch die Akustik gepflegt; unter den über 300 bisher durchgeführten Diplomarbeiten, meist Experimentaluntersuchungen, sind über 40 akustische Themen. Es liegt in der Natur der Sache, daß eine auf die Dauer von 3 bis 5 Monaten beschränkte Arbeit nicht immer zu reifen Ergebnissen führen kann. Trotzdem enthalten diese Arbeiten als Vorstudien zu größeren Untersuchungen und als Entwicklungen von Meßanordnungen zum Teil wertvolle Beiträge. Einige sind auch veröffentlicht worden[4–9a]); drei dieser Veröffentlichungen, in denen Barkhausens führender Anteil auch nach außen in Erscheinung tritt, beschäftigen sich mit der Lautstärke nichtsinusförmiger Klänge. Barkhausen und Lewicki[4]) untersuchen die Hörbarkeit periodischer Knacke an der Hörschwelle, Barkhausen und Tischner[5]) bei größeren Lautstärken. Die Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß für Hörbarkeit und Lautstärke eines beliebigen Tongemisches die Lautstärke des subjektiv lautesten Teiltones maßgebend ist. Andere Teiltöne, soweit sie in der Frequenz mehr als 20% vom lautesten entfernt lagen, trugen praktisch nichts bei. Wenn auch Barkhausen zusammen mit U. Steudel[8]) später selbst fand, daß dieses Ergebnis nicht allgemeingültig, sondern teilweise durch die Selektivität der benützten älteren Kopfhörer bedingt war, so sind die Untersuchungen doch sehr reizvolle Schulbeispiele einer klaren und folgerichtigen Forschungsmethodik. Insbesondere erkannte Barkhausen 1925 erstmalig die Brauchbarkeit der „heterochromen" Lautstärkemessung durch Vergleichston und baute sie zu dem Vorschlag eines einfachen Lautstärkemessers für die Praxis aus[10]). Für die Lautstärke schlug er hierbei eine lineare Einheit, das „Wien", und eine in erster Linie zu benützende logarithmische, das „Phon", vor. Als Nullpunkt beider Skalen wählte er die Lautstärke eines Vergleichstones von 1000 Hz an der Hörschwelle. Diese Vorschläge bilden im wesentlichen auch heute noch die Grundlage des Lautstärkemaßes, das inzwischen in Deutschland und auch zwischenstaatlich zur Norm erhoben wurde[11]). Es muß im Rückblick überraschen, daß die Entstehung eines Maßes für den technisch so wichtigen Begriff der Lautstärke nur 15 Jahre zurückliegt; diese Schöpfung ist ein weiteres Beispiel für die Meisterschaft Barkhausens, ein Problem zu erkennen und so im wesentlichen zu erfassen, daß bereits die Frage-

[3]) H. Barkhausen, Drei Veröffentl. über Elektronenröhren im Jb. drahtl. Telegr. 14, 16 u. 18 (1919–21).

[4]) H. Barkhausen u. G. Lewicki, Empfindlichkeit des Ohrs für nichtsinusförmige Töne. Phys. Z. 25 (1924), S. 537–541.

[5]) H. Barkhausen u. H. Tischner, Lautstärke von zusammengesetzten Tönen und Geräuschen. Z. techn. Phys. 8 (1927), S. 215–221.

[6]) H. Graf, Über die experimentelle Bestimmung des Wirkungsgrades eines Bandlautsprechers. Z. techn. Phys. 10 (1929) S. 334–339.

[7]) F. Ribbentrop, Über einen neuen Schalldruckgleichrichter. Z. techn. Phys. 13 (1932), S. 396–401.

[8]) H. Barkhausen u. U. Steudel, Lautstärke von Geräuschen. Hochfrequenztechn. 41 (1933), S. 115.

[9]) H. G. Freygang, Über ein neues Verfahren zur Ausmessung von Schallfeldern u. Innenräumen vermittels eines kontinuierlichen Spektrums. Akust. Z. 3 (1938), S. 75–79.

[9a]) P. C. Herrmann, Absolute Nullstellen in einwellig beschallten Räumen. Hochfrequenztechn. 41 (1933) H. 2.

[10]) H. Barkhausen, Ein neuer Schallmesser für die Praxis. Z. techn. Phys. 7 (1926), S. 599–601; Z. VDI. 71 (1927), S. 1471–1474.

[11]) W. Janowski, Vom Barkhausen-Phon zur DIN-Lautstärke. Hochfrequenztechn. Nov. 1941.

stellung die Lösung in klassischer Einfachheit vorzeichnet.

Auch an größeren Arbeiten akustischen Inhalts, meist Doktor-Dissertationen, ist eine stattliche Reihe aus dem Dresdener Institut hervorgegangen. Die Mannigfaltigkeit der Themen kennzeichnet die Aufgeschlossenheit BARKHAUSENS auch für Randgebiete und Exklaven seines schwachstromtechnischen Arbeitsfeldes. Der folgende Überblick kann nicht auf Einzelheiten, so reizvoll sie sein mögen, eingehen; er wird der besseren Übersicht wegen nicht chronologisch, sondern nach Sachgebieten geordnet.

1. Ohrempfindlichkeit. Dieses durch die persönlichen Arbeiten BARKHAUSENS (s. o.) in den Vordergrund des Interesses gerückte Gebiet wurde in vier Arbeiten weiter verfolgt: J. TRÖGER[12]) bestimmte als erster die mechanische Impedanz des Trommelfells. Er entwickelte eine zuverlässige rohrakustische Methode zur Messung von akustischen Impedanzen und wies durch sorgfältige Messungen nach, daß im Bereich bester Ohrempfindlichkeit eine Widerstandsanpassung zwischen Trommelfell und Ausbreitungswiderstand des Mediums besteht. W. JANOWSKI[13]) untersuchte die Hörbarkeit von nichtlinearen Verzerrungen an reinen Tönen, Doppeltönen und Musik. Trotz der einfachen Hilfsmittel, die 1928 für derartige Untersuchungen nur zur Verfügung standen, gewann er Ergebnisse, die noch nach Jahren die wichtigste Grundlage für die Beurteilung der Zulässigkeit von Nichtlinearitäten bildeten. U. STEUDEL, der ebenso wie E. HORMANN (s. u.) sein zu großen Hoffnungen berechtigendes Leben im Dienste wehrwichtiger elektroakustischer Forschung vorzeitig hingab, veröffentlichte 1933 eine grundlegende Arbeit über Empfindung und Messung der Lautstärke[14]). Sorgfältige, systematisch ausgewählte und mit bestem Rüstzeug durchgeführte Messungen über die Lautstärke einzelner und periodischer Knacke verschiedener Kurvenform führten ihn zu einer Lautstärkeformel, die er anschaulich als Flächensatz darstellt. Dieser Satz gibt, auf eine Vielzahl von Geräuschen angewandt, deren Lautstärke mit befriedigender Genauigkeit wieder, sofern sie im Bereich von 50—100 Phon liegt. Auch die Ohrempfindlichkeitskurve für 70 Phon ergibt sich mit guter Annäherung aus dem Flächensatz. STEUDEL gab weiter einen anzeigenden Lautstärkemesser an, der die bekannten Geräte besonders für die Anzeige stark spitzenhaltiger Geräusche verbesserte und der für solche Zwecke auch kommerziell angewendet wird.

M. KLUGE und G. REISIG vergleichen in einer eingehenden Studie die Verfahren der funktionellen Gehörprüfung mit Stimmgabel und Audiometer[15]). Die Arbeit enthält neben quantitativen Angaben über Stimmgabeln Messungen über die Empfindlichkeit gesunder und kranker Ohren für Luft- und Körperschall. Insbesondere wird die Zunahme der Körperschallempfindlichkeit bei Verschluß des Gehörganges untersucht.

2. Akustische Widerstände und Leitungen. Dieses Gebiet liegt einem Arbeitskreis, der sich eingehend mit den Fragen der Leitungs- und Vierpoltheorie beschäftigt, besonders nahe, um so mehr, als die Verfolgung mechanisch-elektrischer Analogien sich hier wie überall als bequemes und fruchtbares Verfahren herausgestellt hat. H. TISCHNER[16]) untersucht mit einem hierzu von ihm entwickelten Kompensationsschallmesser die Dämpfung von Röhren und die Zusatzdämpfung, die durch in das Rohr gebrachte tangential oder frontal beaufschlagte Dämpfungsstoffe verursacht wird. H. WÜST[17]) mißt nach einem rohrakustischen komplexen Kompensationsverfahren die Wellenparameter

[12]) J. TRÖGER, Die Schallaufnahme durch das äußere Ohr. Phys. Z. 31 (1930), S. 26—47.

[13]) W. JANOWSKI, Über die Hörbarkeit von Verzerrungen. Elektr.-Nachr.-Techn. 6 (1929), S. 421.

[14]) U. STEUDEL, Über Empfindung und Messung der Lautstärke. Hochfrequenztechn. 41 (1933), S. 116—128.

[15]) M. KLUGE u. G. REISIG, Physikalische Grundlagen der funktionellen Gehörprüfung mit Stimmgabel und Audiometer. Z. Hals- usw. Hk. 38 (1935), S. 226—248.

[16]) H. TISCHNER, Über die Fortpflanzung des Schalles in Röhren und die Untersuchung von schalldämpfenden Körpern. Elektr.-Nachr.-Techn. (1930), S. 192—214.

[17]) H. WÜST, Untersuchungen über akustische Vierpole. Hochfrequenztechn. 44 (1934), S. 73—79.

(Wellenwiderstand und Übertragungsmaß) von Pfropfen luftdurchlässiger Stoffe, die er als akustische Vierpole auffaßt. Aus Wellenwiderstand und Übertragungsmaß können Massen- und Reibungswiderstand sowie Federung und Federungsverlust der im Stoff enthaltenen Luftkanäle errechnet werden. Die genauen Messungen erlauben interessante physikalische Rückschlüsse auf die Strömung und Kompressibilität der Luft in den feinen Kanälen poriger Stoffe. H. Böhme[18]) ermittelt in einer Arbeit über das dynamische Verhalten von Schalldämmstoffen die Schwingungskonstanten von Gummi, Holz, Kork und ähnlichen Stoffen. Hierzu schafft er sich ein Meßgerät für mechanische Scheinwiderstände, das im Tonfrequenzbereich eine Spanne von $10^4 \ldots 10^6 \frac{\text{dyn}\,s}{\text{cm}}$ bequem und mit guter Genauigkeit zu messen gestattet. Mit diesem Gerät werden die „Vierpolkonstanten" von Stäben verschiedenen Materials und daraus dessen Schwingungseigenschaften ermittelt. J. Harmans[19]) berechnet und mißt die Schalldämpfung von Rohren, deren Innenwand durch dicke Schichten von Schallschluckstoff gebildet werden. Die Einflüsse des Materials (Strömungswiderstand und Schichtdicke), des Rohrradius und der Frequenz werden durch einfache Ansätze in qualitativer Übereinstimmung mit dem Experiment rechnerisch geklärt. Die quantitative Übereinstimmung ist so gut, wie es die mangelnde Definierbarkeit des Materials erwarten läßt und genügt, um Richtlinien für die Anwendung von Schluckrohren daraus abzuleiten.

3. Elektroakustik. Aus dem engeren Bereich der Elektroakustik sind neben einigen kleineren Arbeiten über Lautsprecher (H. Graf[6]), H. G. Freygang[9])) besonders Kohlemikrophone und Fragen der Klangspeicherung bearbeitet worden. G. Schubert[20]) entdeckte bei dem Versuch, die unregelmäßigen Eigenschaftsschwankungen von Kohlemikrophonen zu klären, eine besonders regelmäßige Schwankung, das Schwingen der Mikrophone bei konstantem Speisestrom mit einer Schwingungsdauer von mehreren Minuten. Bei verschiedenen Mikrophonen gleicher Type findet er einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Empfindlichkeit und Widerstand. R. Otto[21]) klärt in systematischer Weise das Rauschen von Kohlemikrophonen. Er stellt fest, daß nicht mechanische, sondern elektrische Vorgänge an den Kontaktstellen das Rauschen verursachen und grenzt weiter ein, daß nicht Oberflächenvorgänge (Fremdschichten), sondern Leitungsvorgänge in der Kohle die Quelle der Störung bilden. Frequenzspektrum und Größenordnung der Rauschleistung werden als eine von der Art des Kohleleiters unabhängige Materialeigenschaft gefunden. E. Hormann[22]) untersucht in Modellversuchen die grundsätzlichen Vorgänge bei der magnetischen Tonaufzeichnung auf Stahlband, die sich neuerdings im Magnetophon zum hochwertigsten Verfahren der Klangaufzeichnung überhaupt entwickelt hat. Hormann hat mit seiner eingehenden Erforschung des Besprechungs- und Abhörvorganges einen grundlegenden Beitrag zu dieser erfolgreichen Entwicklung geliefert. Eine Arbeit des Verfassers[23]) beschäftigt sich mit dem Frequenzgang von Empfindlichkeit und Ablenkkraft bei elektrischen Tonabnehmern und mechanischen Grammophonen. Die Ausdehnung der Betrachtung auf die für die Lebensdauer der Platten wichtige Ablenkkraft führte in guter Übereinstimmung zwischen Rechnung und Experiment zu praktischen Bemessungsregeln für Tonabnehmer.

4. Technische Akustik. Der hohe Entwicklungsstand der elektrischen Kurzzeit-Meßtechnik hat zahlreiche andere Zweige der tech-

[18]) H. Böhme, Dynamisches Verhalten von Schalldämmstoffen. Akust. Z. 2 (1937), S. 303—321.

[19]) J. Harmans, Messung von Schallschluckstoffen und deren Verwendung zur Dämpfung von Röhren. Akust. Z. 5 (1940), S. 215—231.

[20]) G. Schubert, Grundlegendes zur Untersuchung an Mikrophonen. Elektr.Nachr.-Techn. 4 (1927), S. 139—154.

[21]) R. Otto, Das Rauschen in Kohlemikrophonen. Hochfrequenztechn. 45 (1935), S. 187—198.

[22]) E. Hormann, Zur Theorie der magnetischen Tonaufzeichnung. Elektr.-Nachr.-Techn. 9 (1932), S. 388—403.

[23]) M. Kluge, Frequenzgang und Plattenbeanspruchung von Tonabnehmern. Hochfrequenztechn. 40 (1932), S. 55—65 u. S. 108—111.

nischen Forschung gereizt, sie für ihre Untersuchungen besonders schwingungstechnischer Natur einzusetzen. Aus der so veranlaßten Zusammenarbeit mit Stellen des Maschinenbaus entstanden die Anregungen zu den folgenden Untersuchungen. In einer Arbeit über die Auspuff-Schalldämpfung an Kraftfahrzeugmotoren[24]) untersuchte der Verfasser grundsätzliche Fragen über das Störspektrum der Auspuffströmung und Mittel zu seiner wirksamen Dämpfung ohne Einbuße an Maschinenleistung. Die Berechnungen führten zum Vorschlag des gestaffelten Tiefpaßfilters als Dämpfer und zu Regeln für eine mit kleinem Leistungsverlust behaftete Bauweise der Dämpfer. Die allgemeinen Überlegungen konnte H. MARTIN[25]) durch eingehende Versuche an Zwei- und Viertaktmaschinen gut bestätigen. MARTIN hat in weiterem Ausbau dieser Grundlagen Schalldämpfer entwickelt, die inzwischen große praktische Bedeutung erlangt haben. Einer der ältesten Schallsender, die auch heute noch (oder wieder) allgemein bekannte Kreiselradsirene, setzt der quantitativen rechnerischen Behandlung nicht geringe Schwierigkeiten entgegen. H. SCHIESSER[26]) versucht die Verhältnisse experimentell zu klären, indem er zunächst einen aus einem Druckkessel gespeisten Unterbrecher und danach eine vollständige Sirene untersucht, in der sich die Funktionen von Kreiselpumpe und Unterbrecher vereinen. Wenn die Arbeit auch keine restlose Klärung des komplizierten Verhaltens ergab, konnte sie doch umfangreiches und interessantes Beobachtungsmaterial zutage fördern und wichtige Teilfragen beantworten.

Um den Anteil Barkhausens an diesen mannigfachen, z. T. grundlegenden Arbeiten würdigen zu können, muß man, wie es dem Verfasser für mehrere Jahre vergönnt war, unter ihm gearbeitet haben. Nur dann kennt man den Geist aufgeschlossener, uneigennütziger Kameradschaft, der von BARKHAUSEN ausgehend alle seine Mitarbeiter zu einer regen und anregenden Arbeitsgemeinschaft verbindet. Nur dann kann man die Kunst des Lehrers würdigen, die durch Fragen, Dispute und durch eine Kritik, die immer wohlwollend bleibt, im Schüler die Kräfte selbständigen wissenschaftlichen Denkens weckt und zur Entfaltung bringt.

Wie der große Kreis der Schüler dem verehrten Lehrer in Dankbarkeit verbunden ist, so danken akustische Forschung und akustische Technik BARKHAUSEN, dem großen Forscher, dem vornehmen und hilfsbereiten Menschen für seine reichen Beiträge auch zu ihrer Entwicklung.

[24]) M. KLUGE, Das Problem der Dämpfung des Auspuffschalls bei Kraftfahrzeugmotoren. Autom.-techn. Z. 36 (1933), S. 192—196 u. S. 244—248.

[25]) H. MARTIN, Experimentelle Beiträge zum Dämpfungsproblem des Auspuffschalls. Autom.-techn. Z. 38 (1935); s. a. Z. VDI. 78 (1934), S. 1257 bis 1260; Autom.-techn. Z. 40 (1937).

[26]) H. SCHIESSER, Beitrag zur Untersuchung der Wirkungsweise von Sirenen. Akust. Z. 3 (1938), S. 363—379.

Betrachtungen über das Schallfeld einer Kolbenmembran

Von Arnold Schoch

Mitteilung aus dem Institut für Schwingungsforschung der Technischen Hochschule Berlin

(Mit 4 Textabbildungen)

1. Einleitung

H. STENZEL weist in seinem Buche[1]) darauf hin, daß das Schallfeld in der Nähe einer kreisförmigen Kolbenmembran auch bei unbeschränkter Vergrößerung des Radius der Membran sich nicht dem Verhalten einer ebenen Welle nähert, wie man zunächst erwarten könnte. Wegen der grundsätzlichen Bedeutung dieser Tatsache lohnt es sich vielleicht, die Eigenschaften des Schallfeldes vor einer

[1]) H. STENZEL, Leitfaden zur Berechnung von Schallvorgängen. Verlag Springer, Berlin 1939. In dem Buch findet sich auch die weitere über den Gegenstand erschienene Literatur.

Kolbenmembran ausführlicher zu diskutieren.

H. STENZEL ist die Berechnung des Schallfelds für beliebige Aufpunkte vor der kreisförmigen Kolbenmembran gelungen[1][2]). Er hat die beiden Komponenten des Schalldrucks, — deren eine mit der Schnelle der Membran in Phase, und deren andere dagegen um $\pi/2$ phasenverschoben ist — durch Reihenentwicklungen nach ziemlich komplizierten Funktionen dargestellt. Für einige Fälle (bei denen das Verhältnis Membrandurchmesser zu Wellenlänge Werte von etwa 0,65 bis 1,6 hat) hat STENZEL das Ergebnis numerisch ausgewertet und das Schallfeld in der Nähe der Membran in seinem Buche[1]) graphisch dargestellt. Für eine allgemeine Diskussion des Verhaltens des Schallfelds bei unbeschränkt wachsendem Membranradius sind diese Reihenentwicklungen jedoch ungeeignet. Im folgenden wird eine andere Lösung des Problems gegeben, die zu diesem Zweck geeigneter ist. Bei dieser wird das Schallfeld zusammengesetzt erscheinen aus der im Idealfall entstehenden ebenen Welle und einer „Störwelle", die vom Rand der Membran ausgeht[3]). Diese Lösung lehnt sich eng an eine Darstellungsweise an, wie sie A. RUBINOWICZ für optische Beugungserscheinungen gegeben hat[4])[5]).

Es wird sich ergeben, daß das Schallfeld in der Nähe einer Kolbenmembran von beliebiger Randform bei unbeschränkt wachsender Membrangröße sich für fast alle Aufpunkte einer ebenen Welle nähert. Ausnahmen bilden solche Aufpunkte, in welchen die Störwellen von endlich großen Teilen des Rands gleichphasig oder nahezu gleichphasig eintreffen. Solche Aufpunkte gibt es aber nur für spezielle Randformen. Am stärksten ausgeprägt sind sie bei der kreisförmigen Kolbenmembran; die Mittelnormale einschließlich einer sich über einige Wellenlängen erstreckenden Umgebung stellt in diesem Fall die Gesamtheit der Ausnahmepunkte dar.

2. Ableitung einer zweckmäßigen Darstellung des Schallfelds vor einer Kolbenmembran

Abb. 1 diene zur Erklärung der Bezeichnungen. Die Membran liege in der x y-Ebene.

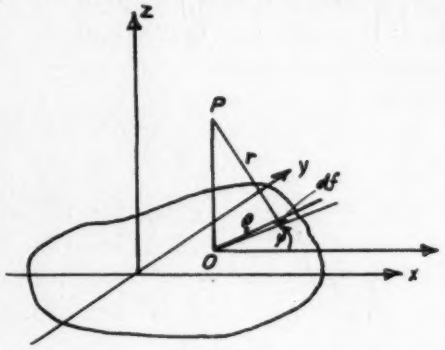


Abb. 1a.

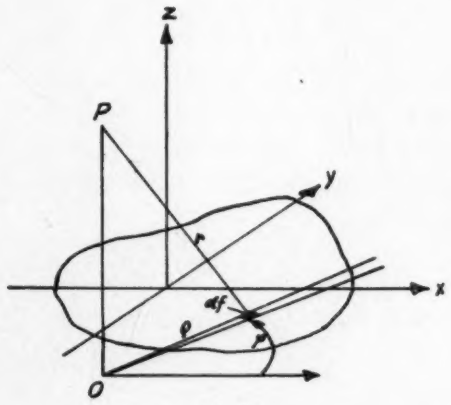


Abb. 1b.

Abb. 1a. u. 1b Zur Berechnung des Geschwindigkeitspotentials vor einer beliebig berandeten Kolbenmembran

P sei der Aufpunkt, df ein Flächenelement der x y-Ebene. r sei der Abstand des Flächenelements vom Aufpunkt. Das Geschwindigkeitspotential Φ läßt sich nun nach RAYLEIGH ausdrücken durch die Normalkomponente

[2]) H. STENZEL, Über die Berechnung des Schallfelds einer kreisförmigen Kolbenmembran. Elektr. Nachr.-Techn. 12 (1935), S. 16.

[3]) Dieselbe Auffassung hat K. OSTERHAMMEL in einer jüngst erschienenen Arbeit „Optische Untersuchung des Schallfelds kolbenförmig schwingender Quarze". Akust. Z. 6 (1941), S. 73, als Annahme eingeführt zur Deutung der beobachteten Schallfelder.

[4]) A. RUBINOWICZ, Die Beugungswelle in der Kirchhoffschen Theorie der Beugungserscheinungen. Ann. Phys. 53 (1917), S. 257.

[5]) A. RUBINOWICZ, Zur Kirchhoffschen Beugungstheorie. Ann. Phys. 73 (1924), S. 339.

$w(x, y) = -\left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)_{z=0}$ der Schnelle in der $x\,y$-Ebene, nämlich[6])

$$(1)\quad \Phi = -\frac{1}{2\pi}\int \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right)_{z=0} \frac{e^{-ikr}}{r}\,df = \frac{1}{2\pi}\int w\,\frac{e^{-ikr}}{r}\,df.$$

Hierin ist $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, k = Wellenzahl, λ = Wellenlänge. Das Integral ist an und für sich über die ganze $x\,y$-Ebene zu erstrecken. Wenn jedoch außerhalb des Randes der Membran $w = 0$ ist — physikalisch bedeutet dies, daß die Membran in eine unbegrenzte starre Wand eingebaut ist — dann braucht man das Integral nur über die Fläche F der Membran zu erstrecken, da dann der Rest sowieso verschwindet. Im Fall der Kolbenmembran ist w auf der Membranfläche konstant, so daß man es vor das Integral ziehen kann und statt (1) erhält:

$$(2)\quad \Phi = \frac{w}{2\pi}\int_F \frac{e^{-ikr}}{r}\,df.$$

Zur Ausführung der Integration fällen wir vom Aufpunkt P das Lot auf die Membranebene. Den Fußpunkt O dieses Lots wählen wir als Nullpunkt eines Polarkoordinatensystems ϱ, φ (Abb. 1). Dann ist

$$r^2 = z^2 + \varrho^2,$$
$$r\,dr = \varrho\,d\varrho,$$
$$df = \varrho\,d\varrho\,d\varphi = r\,dr\,d\varphi.$$

Es sind nun 2 Fälle zu unterscheiden: 1. Der Fußpunkt O liegt innerhalb des Randes der Membran (Abb. 1a). Die Werte von ϱ und r auf dem Rand der Membran bezeichnen wir mit ϱ_1 und r_1. Dann geht (2) über in

$$(3)\quad \Phi = \frac{w}{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{\varrho_1} \frac{e^{-ikr}}{r}\,\varrho\,d\varrho\,d\varphi = \frac{w}{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_z^{r_1} e^{-ikr}\,dr\,d\varphi$$
$$= \frac{w}{ik}e^{-ikz} - \frac{w}{ik}\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{-ikr_1}\,d\varphi.$$

In diesem Ausdruck stellt der erste Summand eine in z-Richtung fortschreitende ebene Welle dar, die in der Membranebene gerade die Schnelle w hat. Der zweite Summand stellt eine Beugungsstörung dar, die nur von der Berandung der Kolbenmembran abhängig ist.

[6]) Lord Rayleigh, Theory of Sound. Bd. II, 2. ed. S. 107, London 1896.

2. Der Fußpunkt O liegt außerhalb der Membran (Abb. 1b). Die Randpunkte, die ein Fahrstrahl ϱ schneidet, bezeichnen wir mit ϱ_1 und ϱ_2 ($\varrho_1 < \varrho_2$). φ_1 und φ_2 seien die Azimute der Tangenten von O an die Randkurve der Membran. Dann geht (2) über in

$$(4)\quad \Phi = \frac{w}{2\pi}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2}\int_{\varrho_1}^{\varrho_2} \frac{e^{-ikr}}{r}\,\varrho\,d\varrho\,d\varphi$$
$$= -\frac{w}{ik}\frac{1}{2\pi}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2}\left[e^{-ikr_2} - e^{-ikr_1}\right]d\varphi\ ^{7}).$$

Das Geschwindigkeitspotential besteht also nur aus einem vom Membranrand abhängigen Anteil. Durch die Ausdrücke (3) und (4) ist das Schallfeld im ganzen Halbraum vor der Membran bestimmt.

Wir führen nun einmal in Gedanken das scharf begrenzte Wellenbündel ein, das die Kolbenmembran erzeugen würde, wenn die Gesetze der geometrischen Optik gelten würden. Es erfüllt einen Zylinder, dessen Grundfläche die Membran ist und dessen Mantellinien parallel zur z-Achse laufen. Für Aufpunkte, die innerhalb dieses Zylinders liegen, gilt die Formel (3). Für Aufpunkte außerhalb des Zylinders — die also, in optischer Ausdrucksweise, im „Schatten" liegen — gilt Formel (4). Unsere Darstellung liefert also das Schallfeld als Überlagerung des bei geometrisch-optischer Betrachtung zu erwartenden ebenen Wellenbündels und von Störungswellen, die vom Rand der Membran ausgehen.

Der Beitrag eines Randelements, das von O aus unter dem Winkel $d\varphi$ erscheint, ist $\pm\frac{w}{ik}\frac{e^{-ikr}}{2\pi}d\varphi$, und zwar gilt (wie aus (3) und (4) hervorgeht) das $--$-Zeichen, wenn die Ausbreitung von dem Randelement aus in den geometrisch-optischen Schallzylinder hinein erfolgt, das $+$-Zeichen, wenn sie in den Schattenraum hinein erfolgt. An der geometrisch-optischen Schattengrenze weist die Beugungswelle also eine Unstetigkeit auf. Diese Un-

[7]) Die Randkurve kann so beschaffen sein, daß es mehr als 2 Tangenten von O an sie gibt. In diesem Falle sind die Integrale (4) sinngemäß abzuändern. Am anschaulichen Ergebnis ändert sich nichts.

stetigkeit kompensiert gerade die dort vorhandene Unstetigkeit des geometrisch-optischen Wellenbündels, wie man leicht mittels (3) und (4) nachrechnen kann. Das resultierende Schallfeld ist also, wie es sein muß, überall stetig.

3. Eigenschaften der Randwelle

Das Verhalten der Randwelle wollen wir vor allem im Hinblick auf die Frage diskutieren, inwieweit das Schallfeld vor der Kolbenmembran bei unbeschränkter Vergrößerung ihrer Abmessungen sich einer ebenen Welle nähert. Wir können uns dabei auf Aufpunkte beschränken, die innerhalb des geometrisch-optischen Schallzylinders liegen, weil für außerhalb liegende Aufpunkte keine Annäherung an eine ebene Welle zu erwarten ist. D. h. wir ziehen den Fall von Abb. 1a und Formel (3) heran. Das in (3) auftretende Integral versuchen wir nunmehr zu berechnen.

Wir fassen zunächst nur ein Stück der Randkurve ins Auge und ermitteln den Beitrag dieses Stücks zu dem genannten Integral. Durch unbeschränkte Verkleinerung der Wellenlänge — oder, was auf dasselbe hinauskommt, durch unbeschränkte ähnliche Vergrößerung der Membran — kann man die Zahl $k r$ im Exponenten in (3) (den Index 1 lassen wir von nun an fort) beliebig groß machen. Man kann so erreichen, daß beim Durchlaufen des Randkurvenstücks (wobei r ja im allgemeinen veränderlich ist) $k r$ sich um eine Zahl ändert, die groß gegen 2π ist. Real- und Imaginärteil der Funktion e^{-ikr} führen dann beim Durchlaufen des Randkurvenstücks sehr viele Oszillationen aus, und man sieht anschaulich ohne weiteres ein, daß das Integral über diese Funktion, erstreckt über das betrachtete Randkurvenstück, mit wachsendem k gegen null geht[8]). Anders ausgedrückt: Die von den einzelnen Randelementen ausgehenden Störwellen treffen im Aufpunkt mit den verschiedensten Phasen ein und vernichten sich gegenseitig.

Eine besondere Betrachtung ist erforderlich, wenn beim Durchlaufen eines Randkurvenstücks r nicht oder doch nur wenig veränderlich ist. Dies ist der Fall in der Umgebung von Randpunkten, für welche $\frac{dr}{d\varphi} = r' = 0$ ist. Geometrisch sind diese Randpunkte dadurch gekennzeichnet, daß der vom Aufpunkt zu ihnen weisende Fahrstrahl r die Randkurve senkrecht trifft. Die aus der Umgebung solcher ausgezeichneten Randpunkte kommenden Störwellen treffen alle oder doch teilweise gleichphasig im Aufpunkt ein und verstärken sich daher. Um ihren Beitrag zum Störungspotential auszurechnen, überlegen wir uns, daß bei genügend großer Wellenzahl k nur eine kleine Umgebung des ausgezeichneten Randpunkts (Azimut φ_0, Fahrstrahl r_0) einen merklichen Beitrag zum Integral liefert. Dann können wir r genügend genau annähern durch den Anfang einer Potenzreihenentwicklung:

$$r = r_0 + \frac{r_0''}{2!}(\varphi - \varphi_0)^2 + \cdots . \tag{5}$$

Das für das Störungspotential maßgebende Integral aus (3) ist dann

$$\frac{1}{2\pi}\int e^{-ikr}\,d\varphi = \frac{e^{-ikr_0}}{2\pi}\int e^{-\frac{ikr_0''}{2}(\varphi-\varphi_0)^2}\,d\varphi$$

$$= \frac{e^{-ikr_0}}{2\pi}\left(\frac{\pi}{k r_0''}\right)^{\frac{1}{2}}\int e^{-\frac{ikr_0''}{2}(\varphi-\varphi_0)^2}\,d\left[\left(\frac{k r_0''}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}(\varphi-\varphi_0)\right]$$

$$= \frac{e^{-ikr_0}}{2(\pi k r_0'')^{1/2}}\int e^{-i\frac{\pi}{2}v^2}\,dv .$$

(Fresnelsches Integral). Als Grenzen dürfen $-\infty$ und $+\infty$ eingesetzt werden, da doch nur eine kleine Umgebung von $\varphi = \varphi_0$ bzw.

[8]) Um dies mathematisch streng einzusehen, kann man folgendermaßen vorgehen (worauf mich Herr A. Dinghas freundlicherweise aufmerksam machte): Durch partielle Integration erhält man

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} e^{-ikr}\,d\varphi = -\frac{1}{ik}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2}\frac{1}{r'}\,d\left(e^{-ikr}\right)$$

$$= -\frac{1}{ik}\left\{\frac{e^{-ikr_2}}{r_2'} - \frac{e^{-ikr_1}}{r_1'} + \int_{\varphi_1}^{\varphi_2}\frac{e^{-ikr}}{r'^2}\,r''\,d\varphi\right\},$$

wo $r' = \frac{dr}{d\varphi}$, $r'' = \frac{d^2r}{d\varphi^2}$. Der Ausdruck in der geschweiften Klammer ist beschränkt, sofern im Integrationsintervall r' nirgends 0 wird und r'' endlich bleibt. Für $k \to \infty$ geht dann das Integral gegen 0. Die Umgebung von Randpunkten, für welche $r' = 0$ ist, wird weiter unten noch gesondert betrachtet. Die Voraussetzung r'' = endlich bedeutet lediglich, daß die Randkurve im Integrationsintervall „glatt" verlaufen soll.

$v = 0$ merklich zum Integral beiträgt. Es ergibt sich dann

$$\frac{1}{2\pi}\int e^{-ikr}\,d\varphi = \frac{e^{-ikr_0}\,e^{-i\frac{\pi}{4}}}{(2\pi k r_0'')^{1/2}}. \tag{6}$$

Das Ergebnis zeigt, daß auch der Beitrag der durch $r' = 0$ ausgezeichneten Randpunkte für $k \to \infty$ gegen 0 geht. Allerdings geht in diesem Fall das Integral nur wie $k^{-1/2}$ gegen 0, während es bei Randpunkten mit $r' \neq 0$ wie k^{-1} verschwindet (vgl. Fußnote 8).

Je kleiner der Bereich ist, in dem (5) eine ausreichende Näherung darstellt, desto größer muß k sein, damit die Näherungslösung (6) brauchbar ist. Um eine bessere Näherung zu erhalten, wollen wir die Reihenentwicklung von r noch um ein Glied verlängern:

$$r = r_0 + \frac{r_0''}{2!}(\varphi-\varphi_0)^2 + \frac{r_0'''}{3!}(\varphi-\varphi_0)^3 + \cdots. \tag{7}$$

Um das nunmehr entstehende Störungsintegral auf eine bekannte Form zu bringen, führen wir folgende Substitution ein:

$$\varphi - \varphi_0 = \left(\frac{3\pi}{k r_0'''}\right)^{1/3} v - \frac{r_0''}{r_0'''}.$$

Setzt man dies in (7) ein, dann fallen die in v quadratischen Glieder fort und man erhält

$$\frac{1}{2\pi}\int e^{-ikr}\,d\varphi = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{3\pi}{k r_0'''}\right)^{1/3} e^{-ik(r_0+\alpha)}\int e^{-i\frac{\pi}{2}(v^3-mv)}\,dv, \tag{8}$$

wobei

$$\alpha = \frac{(r_0'')^3}{3\,(r_0''')^2},$$

$$m = \left(\frac{3k^2}{\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{r_0''}{r_0'''^{2/3}}\right)^2.$$

Die Grenzen des Integrals sind zunächst durch die Enden des Randkurvenstücks gegeben, dessen Beitrag zur Störwelle wir auszurechnen im Begriff sind. Einen wesentlichen Beitrag liefert aber nur, wie wir schon wissen, die Umgebung der Nullstellen von r' (immer genügend großes k vorausgesetzt). Solcher Nullstellen liefert die Darstellung (7) aber bereits zwei, nämlich

$$\varphi = \varphi_0, \qquad \varphi = \varphi_0 - 2\frac{r_0''}{r_0'''}. \tag{9}$$

Die erste haben wir zum Ausgangspunkt der Reihenentwicklung (7) gemacht. Die zweite braucht nicht notwendig in dem Intervall zu liegen, in dem die Näherung (7) gilt. (Im allgemeinen wird dies nur der Fall sein, wenn $\frac{r_0''}{r_0'''} \ll \pi$ ist.) Liegt sie aber mitsamt einer ausreichenden Umgebung auch in dem Intervall, dann können wir als Grenzen des Integrals wieder $-\infty$ und $+\infty$ annehmen und erhalten:

$$\frac{1}{2\pi}\int e^{-ikr}\,d\varphi = \left(\frac{3}{8\pi^2 k r_0'''}\right)^{\frac{1}{3}} e^{-ik(r_0+\alpha)}\int_{-\infty}^{+\infty}\cos\frac{\pi}{2}(v^3-mv)\,dv, \tag{10}$$

wenn wir den Integranden von (8) in seinen reellen und imaginären Teil zerlegen und beachten, daß der Imaginärteil eine ungerade Funktion von v ist. Das jetzt stehengebliebene Integral ist das sogenannte „Airysche Regenbogenintegral" und liegt als Funktion des Parameters m berechnet vor[9]). Sein Wert in Abhängigkeit von m ist in Abb. 2 dargestellt. Er beträgt für $m = 0$ 0,4 und hat bei $m = 1{,}08$ sein größtes Maximum 1,0.

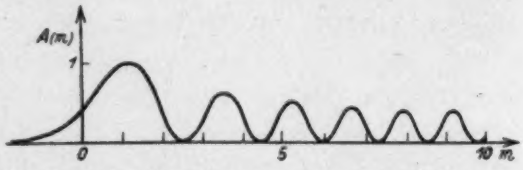


Abb. 2. Graphische Darstellung des Airyschen Regenbogenintegrals als Funktion des Parameters m. (Nach Hdb. der Phys. von Geiger-Scheel, Bd. 20, S. 78.)

Wir grenzen nun die Gültigkeitsbereiche der Näherungsformeln (6) und (10) noch einmal ausführlicher gegeneinander ab. (10) gilt, wie wir gesehen haben, wenn $\frac{r_0''}{r_0'''} \ll \pi$ insbesondere also auch, wenn $r_0'' = 0$ ist. Das sind gerade die Fälle, wo die Reihenentwicklung (5) bis zum zweiten Grad in $(\varphi - \varphi_0)$, und damit die Formel (6) schlechte Näherungen darstellen. Wenn r_0'' von gleicher Größenordnung ist wie r_0''', oder größer, dann gilt (10) im allgemeinen nicht mehr, dafür erzielt man dann schon mit Formel (6) eine gleich gute Näherung.

[9]) Siehe z. B. Handbuch der Physik von Geiger-Scheel, Bd. 20, S. 78 (Artikel von R. Mecke über atmosphärische Beugungserscheinungen). Verlag Springer, Berlin 1928.

Auch nach (10) geht für $k \to \infty$ das Störungspotential gegen 0, und zwar wie $k^{-\frac{1}{3}}$.

Wir wollen nun die Ergebnisse dieses Paragraphen zusammenfassen und dabei auch ihre geometrisch-anschauliche Bedeutung ermitteln. Bei genügend kleiner Wellenlänge tragen zum Störpotential in einem gegebenen Aufpunkt nur diejenigen Randelemente bei, für welche $r' = 0$ ist. Diese Randelemente sind dadurch ausgezeichnet, daß sie auf den zu ihnen weisenden Fahrstrahlen senkrecht stehen. Oder, anders ausgedrückt, daß die durch diese Randelemente gelegten Normalebenen durch den Aufpunkt gehen. Ist für ein Randelement außer $r' = 0$ auch $r'' = 0$, so bedeutet dies geometrisch, daß auch die Normalebenen durch unendlich nahe benachbarte Randelemente durch den Aufpunkt gehen (vgl. das Verhalten der Nullstellen von r' nach (9)). Da alle diese Normalebenen senkrecht auf der Membranebene stehen, sind ihre Schnittlinien Parallelen zur z-Achse. Die Fußpunkte, in welchen die Schnittlinien unendlich nahe benachbarter Normalebenen die Membranebene treffen, bilden den geometrischen Ort der Krümmungsmittelpunkte der Randkurve der Membran, die sogenannte Evolute der Randkurve. Alle Aufpunkte, zu welchen es Randelemente mit der Eigenschaft $r'' = 0$ gibt, liegen also auf einer Art „kaustischer" Fläche, die durch eine Zylinderfläche mit der Evolute als Grundlinie und Mantellinien parallel zur z-Achse gebildet wird.

Für Aufpunkte, die hinreichend großen Abstand von dieser kaustischen Fläche haben, kann man Näherungsformel (6) zur Berechnung des Störungspotentials anwenden. Zu jedem dieser Aufpunkte gibt es im allgemeinen einige „wirksame" Randelemente (Nullstellen von r')[10]), und deren Beiträge sind nach (6) dem Betrage nach proportional zu $(2\pi k r'')^{-1/2}$. D. h. sie gehen wie $k^{-\frac{1}{2}}$ gegen null, wenn k gegen unendlich geht, und sind um so größer, je kleiner r'' ist. r'' wiederum ist um so kleiner, je näher sich der Aufpunkt an der Kaustik befindet. Annäherung an die Kaustik bedeutet aber, daß zwei der wirksamen Randelemente mehr und mehr zueinanderrücken und schließlich zusammenfallen, wenn der Aufpunkt die Kaustik erreicht hat. Für Aufpunkte in der Nähe und auf der Kaustik ist die Näherungsformel (10) anzuwenden. Der Beitrag der maßgebenden Randelemente zum Störungspotential ist nach (10) proportional zu $\left(\frac{8}{3}\pi^2 k r'''\right)^{-\frac{1}{3}}$. Mit unendlich werdendem k geht er wie $k^{-\frac{1}{3}}$ gegen null, also langsamer als in Aufpunkten, die von der Kaustik weit entfernt sind. Bei abnehmender Wellenlänge bleibt also die Störung in der Umgebung der Kaustik am längsten bestehen. — Wir bemerken noch, daß nach (10) und Abb. 2 das Maximum der Störung nicht genau für Aufpunkte auf der Kaustik ($r'' = 0$, $m = 0$) stattfindet, sondern für diejenigen Punkte in der Nähe der Kaustik, für welche $m = 1{,}08$ ist. Weiter lehrt ein Blick auf Abb. 2, daß bei Entfernung des Aufpunkts von der Kaustik die Störung nicht monoton abfällt, sondern unter Schwankungen, da m stets positiv bleibt. Anschaulich wird dies klar durch die Überlegung, daß die beiden wirksamen Randpunkte, die für Aufpunkte auf der Kaustik zusammenfallen, bei Entfernung von der Kaustik auseinanderrücken und dabei Veranlassung zu Interferenzen geben.

Die Bedeutung der beschriebenen Evolutenfläche als Beugungskaustik ist in der Optik schon lange bekannt[11]). Ein optischer Versuch eignet sich wegen der Kleinheit der Lichtwellenlänge auch besonders zur einfachen experimentellen Demonstration der Kaustik. Abb. 3 zeigt den photographisch erhaltenen

[10]) Ist die Randkurve überall „glatt", dann gibt es mindestens 2 wirksame Randelemente, nämlich diejenigen, wo r seinen größten und kleinsten Wert hat. Läßt man einen Sprung von r zu, dann kann man sich Randkurven denken, die für bestimmte Aufpunkte keine solchen Randelemente haben. Z. B. geht bei der Archimedischen Spirale keine Normalebene durch den Anfangspunkt der Spirale.

[11]) Siehe z. B. Handbuch der Experimentalphysik von Wien-Harms, Bd. 18, S. 344ff. (Artikel von M. v. Laue über Interferenz und Beugung elektromagnetischer Wellen). Akad. Verlagsges. Leipzig 1928.

Querschnitt eines durch eine elliptische Blende begrenzten, parallelen Lichtbündels. Im Schattenraum ist deutlich zu erkennen, wie sich als geometrischer Ort der stärksten Störung die Evolute der Ellipse — eine Sternkurve mit vier Spitzen — abbildet. Die große Achse der Ellipse beträgt dabei einige Zehntausend Wellenlängen.

Wenn in einem Randpunkt noch höhere Ableitungen als r'' null werden, dann bedeutet dies

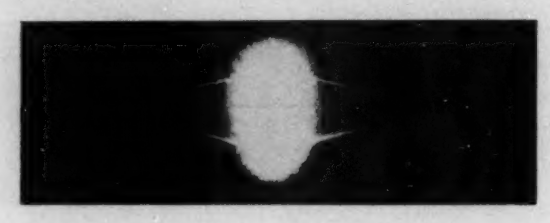


Abb. 3. Lichtverteilung im Querschnitt eines parallelen Lichtbündels hinter einer elliptischen Blende. Man erkennt das Hervortreten der Evolute des Blendenrandes. (Nach S. K. Mitra, Phil. Mag. 38 (1919), S. 289)

geometrisch, daß in diesem Randpunkt zwischen Schmiegungskreis und Randkurve eine Berührung höherer Ordnung vorliegt (Schmiegungskreis und Randkurve haben dann mehr als drei unendlich dicht benachbarte Punkte gemeinsam). Wie die Ergebnisse (6) und (10) vermuten lassen, konvergiert auch dann das Störungspotential mit wachsendem k gegen null, allerdings schlechter als $k^{-\frac{1}{3}}$; und zwar um so schlechter, je besser die Randkurve den Schmiegungskreis berührt[12]). Ein endlicher Wert des Störungspotentials bleibt im Grenzfall unendlich kleiner Wellenlänge also nur dann übrig, wenn r längs eines endlichen Stücks der Randkurve konstant ist, d. h. wenn der Rand mindestens stückweise Kreisform hat, und der Aufpunkt passend liegt. Insbesondere haben wir eine nicht verschwindende Störung in den Aufpunkten, die auf der Mittelachse einer vollständig kreisförmigen Kolbenmembran liegen. Die oben beschriebene kaustische Fläche schrumpft in diesem Fall auf die Mittelachse zusammen.

4. Die kreisförmige Kolbenmembran

Auf das Schallfeld der kreisförmigen Kolbenmembran wollen wir etwas näher eingehen. Die vom Rand herrührende Beugungsstörung läßt sich für Aufpunkte in der Nähe der Mittelachse leicht berechnen. Wenn die Wellenlänge klein im Vergleich zum Membrandurchmesser ist, interessiert auch allein die Umgebung der Mittelachse. Denn in Punkten außerhalb der Mittelachse verschwindet die Randstörung mit abnehmender Wellenlänge, wie wir im vorigen Paragraphen gesehen haben.

In Abb. 4 sind die Bezeichnungen für die nötigen geometrischen Größen eingetragen.

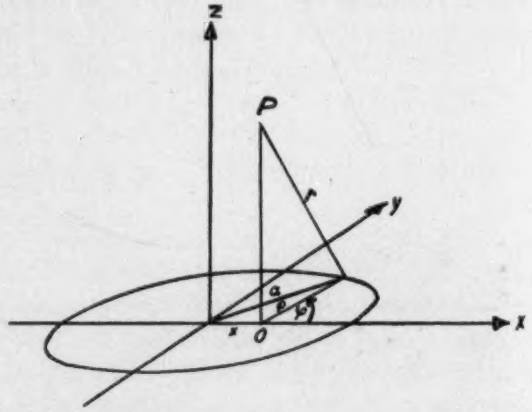


Abb. 4. Zur Berechnung des Geschwindigkeitspotentials vor einer kreisförmigen Kolbenmembran

Den Nullpunkt des $x\,y$-Systems in der Membranebene legen wir in den Kreismittelpunkt. Die x-Achse soll durch den Fußpunkt O des Lots vom Aufpunkt auf die Membranebene gehen. x sei der Abstand des Fußpunkts O vom Kreismittelpunkt. Wir nehmen nun an,

[12]) Die strenge Begründung kann man so erbringen: $r^{(n)}$ sei die erste im Randpunkt nicht verschwindende Ableitung. Bei genügend großem k ist dann das maßgebende Störungsintegral beliebig genau zu approximieren durch

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\frac{k r_0^{(n)}}{n!}(\varphi-\varphi_0)^n}\, d(\varphi-\varphi_0)$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left(\frac{n!}{k\, r_0^{(n)}}\right)^{\frac{1}{n}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-iv^n}\, dv\,.$$

Das letzte Integral hat einen endlichen, von k nicht mehr abhängigen Wert. Das Störungsintegral verschwindet also für $k \to \infty$ wie $k^{-1/n}$.

x sei im Vergleich zum Radius a der Membran so klein, daß folgende Näherung gilt:

$$\varrho \approx a - x\cos\varphi$$

(das bedeutet die Vernachlässigung von Gliedern, die in x quadratisch sind). Dann ist

$$r = \sqrt{z^2+\varrho^2} \approx \sqrt{z^2+a^2-2\,a\,x\cos\varphi}$$
$$\approx \sqrt{z^2+a^2} - \frac{x\cos\varphi}{\sqrt{1+\left(\frac{z}{a}\right)^2}},$$

wenn man auch hierin Glieder mit x^2 vernachlässigt. Das Störungsintegral wird somit:

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{-ikr}\,d\varphi = \frac{e^{-ik\sqrt{z^2+a^2}}}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\frac{kx\cos\varphi}{\sqrt{1+(z/a)^2}}}\,d\varphi$$
$$= e^{-ik\sqrt{z^2+a^2}}\,J_0\left(\frac{k\,x}{\sqrt{1+\left(\frac{z}{a}\right)^2}}\right).$$

Der Betrag der BESSELschen Funktion J_0 nimmt mit wachsendem Argument unter Schwankungen gegen null ab. D. h. die Störung nimmt mit wachsendem Abstand x des Aufpunkts von der Mittelachse gegen null ab, und zwar um so rascher, je größer k und je kleiner z/a ist. In der Nähe der Membran kann man also die Störung auf eine beliebig kleine Umgebung der Mittelachse beschränken, sofern man nur die Wellenlänge genügend klein macht.

Für $\xi \gg 1$ gilt die asymptotische Darstellung

$$J_0(\xi) = \frac{e^{i\left(\xi-\frac{\pi}{4}\right)} + e^{-i\left(\xi-\frac{\pi}{4}\right)}}{(2\pi\xi)^{1/2}}.$$

Damit erhält man für das Störungsintegral, wenn $\frac{k\,x}{\sqrt{1+(z/a)^2}} \gg 1$,

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{-ikr}\,d\varphi = \left(\frac{\sqrt{1+\left(\frac{z}{a}\right)^2}}{2\pi k x}\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$\times e^{-ik\sqrt{z^2+a^2}}\left(e^{i\left(\frac{kx}{\sqrt{1+\left(\frac{z}{a}\right)^2}}-\frac{\pi}{4}\right)} + e^{-i\left(\frac{kx}{\sqrt{1+\left(\frac{z}{a}\right)^2}}-\frac{\pi}{4}\right)}\right)$$

Dieses Ergebnis ist, wie man leicht nachrechnen kann, identisch mit demjenigen, das man durch Anwendung der Näherungsformel (6) erhält. Man hat dabei zu berücksichtigen, daß es im vorliegenden Fall 2 wirksame Randelemente gibt, nämlich das Minimum und das Maximum von r bei $\varphi = 0$ und $\varphi = \pi$.

5. Anmerkung über den Gültigkeitsbereich der RAYLEIGHschen Formel (1)

Die RAYLEIGHsche Formel (1) setzt ein Schallfeld zusammen aus Elementarwellen, die von den Flächenelementen einer Ebene ausgehen, auf welcher die Schallschnelle gegeben ist. Man könnte daher geneigt sein, diese Formel als Ausdruck des HUYGENSschen Prinzips anzusehen. Dann müßte sie, wenn man als Integrationsebene die Phasenfläche einer ebenen Welle nimmt, eben diese ebene Welle ergeben. Führt man die Integration in der Weise aus, daß man zunächst über eine Kreisfläche integriert, deren Radius man nachträglich unendlich werden läßt, dann konvergiert nach den vorhergehenden Ausführungen das Integral für Aufpunkte auf der Mittelachse des Kreises nicht. Die RAYLEIGHsche Formel liefert also bei der Anwendung auf eine ebene Welle ein widerspruchsvolles Ergebnis. Der Grund dafür ist der, daß man die Formel auf diesen Fall gar nicht anwenden darf. Sie gilt vielmehr nur unter der Voraussetzung, daß die Normalschnelle nur auf einem endlichen Bereich der Integrationsebene von null verschieden ist.

Um dies einzusehen, hat man nur die Voraussetzungen genau zu beachten, die beim Beweis der RAYLEIGHschen Formel gemacht werden müssen. Dieser Beweis ist in der akustischen Lehrbuchliteratur zwar nirgends mit mathematischer Strenge durchgeführt, aber ganz analoge Betrachtungen, die als Vorbild dienen können, finden sich in der Literatur über Potentialtheorie. Wir begnügen uns daher mit folgenden Andeutungen: Streng genommen muß man die Integrationsebene bei der RAYLEIGHschen Formel sich im Unendlichen zu einer geschlossenen Integrationsfläche ergänzt denken. Die Integration über die Ebene genügt nur, wenn der Beitrag der unendlich fernen Ergänzungsfläche verschwindet. Und dieser Beitrag verschwindet nur, wenn das Geschwindigkeitspotential im Unendlichen genügend stark abnimmt. Die genauere Verfolgung dieses Gedankenganges ergibt dafür die eben ausgesprochene Bedingung, daß die Normal-

schnelle nur in einem beschränkten Bereich der Integrationsebene von null verschieden sein darf.

Zusammenfassung

Im Anschluß an ein von H. STENZEL aufgeworfenes Problem wird gezeigt: 1. Das Schallfeld einer Kolbenmembran in starrer Wand setzt sich zusammen aus zwei Anteilen: einer ebenen Welle, wie sie sich im geometrisch-optischen Grenzfall ergibt und einer Beugungswelle, die vom Rand der Membran ausgeht. 2. Beim Übergang zu unendlich kleiner Wellenlänge verschwindet im allgemeinen der Einfluß der Beugungswelle, und die ebene Welle bleibt allein übrig. Ausnahmen bilden Kolbenmembranen mit ganz oder teilweise kreisförmiger Begrenzung; bei diesen gibt es singuläre Linien, längs welchen der Einfluß der Randwelle auch bei beliebig kleiner Wellenlänge nicht verschwindet.

(Eingegangen am 21. April 1941.)

Das elektrische Ersatzschema piezoelektrischer Schallempfänger

Von O. Schäfer

Mitteilung aus dem Institut für angewandte Physik der Universität Frankfurt a. M.

(Mit 2 Textabbildungen)

Zur Vorausberechnung der Frequenzabhängigkeit der Klemmenspannung eines Generators bei Belastung ist die Kenntnis des komplexen inneren Widerstandes erforderlich. Die gebräuchlichsten piezoelektrischen Wandler werden verhältnismäßig selten im Leerlauf betrieben; als Beispiele seien angeführt die Belastung eines Kristall-Tonabnehmers mit einem Lautstärkeregler oder einer Entzerrungsschaltung, die Belastung eines Kristallmikrophons mit einem Übertrager oder dem Eingangswiderstand eines Verstärkers, die Parallelschaltung verschiedener Kristallmikrophone zur Erzielung einer bestimmten Richtkennlinie. Im folgenden wird ein für alle Berechnungsfälle hinreichendes Ersatzschema und die experimentelle Ermittlung der elektrischen Bestimmungsgrößen beschrieben.

Bei jedem piezoelektrischen Wandler ist die erzeugte Ladung q in weiten Grenzen proportional der mechanischen Deformation p, die je nach dem Aufbau Druck, Zug, Biegung oder Verwindung sein kann. p ist mit der steuernden Größe s (Schalldruck, Druckgradient, Nadelauslenkung) durch eine „Verzerrungsfunktion" f_ω verbunden, die sich aus der Lösung der Differentialgleichung für die erzwungene Schwingung ergibt und in diesem Zusammenhang für das zu untersuchende System als bekannt vorausgesetzt werden kann. Wenn s in Abhängigkeit von der Zeit einfach periodischen Verlauf hat, gilt für die Effektivwerte

$$q_{eff} = c \cdot p_{eff} = c \cdot f_\omega \cdot s_{eff} \tag{1}$$

oder in komplexer Schreibweise:

$$\mathfrak{Q} = c \cdot \mathfrak{f}_\omega \cdot \mathfrak{S}. \tag{2}$$

Der nach der Oberfläche der Kristallplatten fließende Strom ist dann (als zeitliche Ableitung der Ladung)

$$\mathfrak{J} = j\omega\,\mathfrak{Q} = c \cdot \mathfrak{f}_\omega \cdot j\omega\,\mathfrak{S}. \tag{3}$$

Daraus folgt die Spannung zwischen den Belegen unter der Voraussetzung, daß die Kristallplatte eine reine Kapazität C darstellt:

$$\mathfrak{U}_0' = \frac{\mathfrak{J}}{j\omega C} = \frac{c}{C}\,\mathfrak{f}_\omega \cdot \mathfrak{S}. \tag{4}$$

Da bei den gebräuchlichen piezoelektrischen Wandlern die mechanische Hauptresonanzstelle an oder über die obere Grenze des Übertragungsbereiches gelegt werden kann, ist für tiefe Frequenzen $|\mathfrak{f}_\omega| = \text{Const.}$, und die Leerlaufspannung ist unabhängig von der

Frequenz. Für sehr langsame Änderungen der Steuergröße muß indessen noch der Ohmsche Leitwert G der Kristallplatte berücksichtigt werden. Allgemein gilt daher für die Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_0$ die Formel

$$\mathfrak{U}_0 = \frac{\mathfrak{J}}{G + j\omega C} = c \cdot \mathfrak{f}_\omega \cdot \mathfrak{S} \frac{j\omega}{G + j\omega C} = c\,\mathfrak{f}_\omega \cdot \mathfrak{S} \frac{\omega^2 C + j\omega G}{G^2 + \omega^2 C^2}, \tag{5}$$

die für $G = 0$ (unendlich hoher Isolationswiderstand) in die Formel (4) übergeht.

Aus (5) folgt, daß für eine Kreisfrequenz $\omega' = \frac{G}{C}$ Real- und Imaginärteil gleich und $U_0 = \frac{U_0'}{\sqrt{2}}$ wird. Wenn also die Kapazität bekannt ist, kann durch Messung derjenigen Frequenz, bei der die Leerlaufspannung auf den $\sqrt{2}$. Teil derjenigen im konstanten Übertragungsbereich absinkt, der Leitwert G bestimmt werden. Im allgemeinen ist er gegen den Leitwert des betriebsmäßigen Abschlußwiderstandes (Spannungsteiler, Gitterableitwiderstand der ersten Verstärkerröhre) zu vernachlässigen. In Abb. 1 sind die Verhältnisse für eine willkürlich angenommene Funktion f_ω dargestellt (Kurven: s, $\mathfrak{p}$ und U).

Nach den bisherigen Feststellungen müßte gemäß Formel (5) durch Erhöhung der wirksamen Kapazität C (Parallelschaltung einer äußeren Kapazität C_a) erstens die kritische Frequenz ω' verringert und zweitens vom Beginn des konstanten Übertragungsbereiches an der jeweilige Ordinatenwert von U_0 im Verhältnis $\frac{C}{C + C_a}$ herabgesetzt werden können. Diese Möglichkeit der frequenzunabhängigen Regelung der Ausgangsspannung wird z. B. bei Quarzdruckkammern[1]) angewandt. In Abb. 1 zeigt die Kurve 2 die Frequenzabhängigkeit der Ausgangsspannung unter der speziellen Annahme $C_a = C$. Danach ergibt sich eine einfache Möglichkeit der Messung von C ohne Belastung mit einer fremden Wechselstromquelle (Brückenschaltung), die bei empfindlichen Kristallsätzen u. U. Zerstörungen hervorrufen könnte. Die Leerlaufspannung wird bei einer möglichst niedrigen Frequenz (etwa ω'' in Abb. 1) am unteren Ende des konstanten Bereiches gemessen und ein veränderbarer Kondensator parallelgeschaltet, bis die Spannung auf die Hälfte sinkt. Dann ist die gesuchte Kapazität des Kristallsatzes gleich der zugeschalteten Kapazität. Da die gegebene Wechselladung eine höhere Gesamtkapazität aufladen muß, ist die Spannung entsprechend geringer, so daß sich die Zusatzkapazität formal wie ein idealer Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = \frac{C + C_a}{C}$ auswirkt. Genau wie bei dem induktiven Transformator kann der äußere Belastungswiderstand dann $\ddot{u}^2$mal kleiner gemacht werden, ohne daß eine Änderung des relativen Frequenzganges eintritt, bzw. wird, wie schon erwähnt, bei gegebenem Belastungswiderstand der konstante Übertragungsbereich nach tieferen Frequenzen hin erweitert.

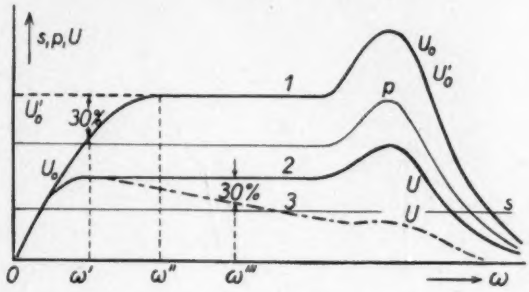


Abb. 1. Charakteristische Frequenzkurven der Ausgangsspannung

Bei der experimentellen Prüfung piezoelektrischer Wandler kann man häufig beobachten, daß im Gegensatz zu den Überlegungen des vorigen Abschnittes die Zuschaltung einer Kapazität C_a einen starken Abfall der Ausgangsspannung nach hohen Frequenzen hin (etwa nach Art der Kurve 3 in Abb. 1) bewirkt. Dies ist offenbar nur durch die Anwesenheit eines Ohmschen Widerstandes R_v zu erklären, der zwischen dem stromerzeugenden Element und der mit den Belegen verbundenen Kapazität C_a liegt. Die piezoelektrische Ladung entsteht auf der Oberfläche der Kristallplatten, welche bei den Schallempfängern aus Seignettesalz

[1]) J. Kluge u. H. E. Linckh, Druckmessung mit piezoelektrischen Kristallen. Arch. techn. Messen. Blatt V 132—2.

eine sehr hohe Dielektrizitätskonstante[2]) aufweisen. Es scheint nicht immer möglich zu sein, die Abnahmeelektroden mit den Kristallplatten so in Kontakt zu bringen, daß nicht (durch Entzug von Kristallwasser?) eine Zwischenschicht von geringerer Dielektrizitätskonstante und sehr geringer Leitfähigkeit entsteht. Im Leerlauf hat der Widerstand dieser Schicht keinen Einfluß, da die äußere Kapazität gering ist und die piezoelektrische Ladung durch Influenz quantitativ auf die Belege übertragen wird. Bei Belastung hingegen mit einer großen Kapazität C_a bildet diese mit dem Ohmschen Widerstand R_v der Zwischenschicht einen frequenzabhängigen Spannungsteiler.

Danach kann nun das vollständige Ersatzschema aufgestellt werden. Es besteht nach Abb. 2 aus einer Stromquelle mit konstanter Stromstärke[3]) bzw. der Kurzschlußergiebigkeit vom Betrag $c \cdot f_\omega \cdot \omega S$, welche zunächst mit der Parallelschaltung von C und G belastet ist. In Reihe mit diesem Komplex

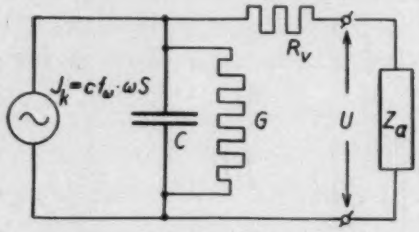


Abb. 2. Das elektrische Ersatzschema

und den Klemmen, an denen die äußere Belastung Z_a angeschlossen und die Klemmenspannung U gemessen wird, liegt der Widerstand R_v. Die Bestimmung von R_v ist nicht so einfach und genau möglich wie diejenige der übrigen Größen. Der beste Weg ist die Bestimmung der Leerlauf-Kennlinie $U_0 = g(\omega)$ (Kurve 1 in Abb. 1). Dann wird eine Kapazität $C_a = C$ parallelgeschaltet und die Kurve 3 gewonnen. Nun wird Kurve 2 interpoliert, indem vom Beginn des konstanten Übertragungsbereiches an die Ordinatenwerte der Kurve 1 halbiert werden. Aus der Frequenz ω''', bei der die Ordinate der Kurve 3 70% $\left(\sim \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$ derjenigen von Kurve 2 beträgt, wird

$$R_v = \frac{1}{\omega''' C_A} \tag{6}$$

berechnet. Die Ableitung dieser Beziehung beruht darauf, daß für ω''' die Spannungsabfälle an R_v und C_a bei 90° Phasenverschiebung gleiche Beträge haben. Diese Messungen müssen sämtlich ohne zusätzliche Belastung durch Ohmsche Widerstände, also über Verstärker mit entsprechend hohem Eingangswiderstand oder empfindliche Oszillographen, vorgenommen werden. Die Bestimmung von R_v in der Wechselstrombrücke, die nach dem Schaltschema naheliegend scheint, ist nicht möglich, da unvermeidlich der durch die mechanische Leistungsabgabe bedingte, komplexe mechanische Ersatzwiderstand mitgemessen wird.

Mit der Messung der Bestimmungsstücke des Ersatzschemas ist die eingangs gestellte Aufgabe gelöst; durch Anwendung der Regeln der symbolischen Methode kann der Frequenzgang bei beliebiger komplexer Belastung berechnet werden. Es ist bemerkenswert, daß in diesem Fall das Stromquellen-Ersatzbild[3]) sich unmittelbar aus der physikalischen Realität ergibt, während die Umwandlung in das unvergleichlich geläufigere Spannungsquellen-Ersatzbild[3]), die grundsätzlich stets möglich ist, zu einem sehr unübersichtlichen Gebilde führt.

(Eingegangen am 24. April 1941.)

[2]) E. Schwartz, Experimentelle Untersuchungen über die piezoelektrischen und dielektrischen Eigenschaften des Seignettesalzes. Elektr. Nachr.-Techn. 9 (1932), S. 481.

[3]) H. Barkhausen, Elektronenröhren, 4. Aufl., Leipzig. S. Hirzel 1940, 1. Bd., § 16.

Über die Strömungswiderstände poröser keramischer Werkstoffe

Von H. F. Gerdien

Mitteilung aus dem Institut für Schwingungsforschung der Technischen Hochschule Berlin

(Mit 1 Textabbildung)

Wandwiderstand und Schallschluckfähigkeit eines porösen Stoffes können durch seine Schichtstärke, seine Porosität und seinen Strömungswiderstand für Luft gekennzeichnet werden. Der Strömungswiderstand hängt nur von der Zähigkeit der Luft und von Form und Größe der Poren des Werkstoffes ab; er kann durch einen „Gleichstrom"versuch bestimmt werden. Im folgenden sollen Messungen an porösen keramischen Werkstoffen mitgeteilt werden, deren Ergebnisse zeigen, daß es leicht möglich ist, mit Hilfe solcher Stoffe Strömungswiderstände im Bereich von etwa 5 bis 12000 Ohm zu verwirklichen.

Es standen zur Verfügung:

13 keramische Filter der Filterfabrik Schumacher, Bietigheim, sowie

8 Filter aus Jenaer Glas der Firma Schott und Gen., Jena, sämtlich Kreisscheiben von 8 cm Durchmesser und von 1 bis 2 cm Dicke.

Der spezifische Strömungswiderstand ist definiert durch

$$r = \frac{\Delta p \cdot t}{V} \cdot \frac{F}{d} \text{ Strömungs-Ohm } [\mathrm{g\,cm^{-3}\,sec^{-1}}].$$

Hierin ist V das Luftvolumen, das bei der Druckdifferenz Δp in der Zeit t durch eine Werkstoffprobe der Fläche F und Dicke d hindurchströmt. V wurde in üblicher Weise mit einer Gasuhr, Δp mit einer Töplerschen Drucklibelle gemessen.

Für jede Filterprobe wurde die Messung des Strömungswiderstandes bei verschiedenen Meßdrucken ausgeführt. Um den akustischen Verhältnissen möglichst nahezukommen, wurde dabei der Druck (und damit die Strömungsgeschwindigkeit) soweit verringert, als es eine genaue Messung des durchströmenden Luftvolumens noch zuließ. Der Überdruck betrug je nach der Porengröße zwischen 0,05 und 15 cm Wassersäule. Der Strömungswiderstand einer Probe ist nur für sehr kleine Drucke konstant, er nimmt mit steigendem Druck zu, und zwar um so stärker, je größer die Porenweite des Werkstoffes ist. Für jede Probe wurde daher graphisch der Strömungswiderstand für den Druck „Null" ermittelt, der auch für akustische Zwecke zugrunde gelegt werden muß. Die Ergebnisse sind in der Tabelle zusammengestellt. Die Spalten 3 und 4 enthalten die vom Hersteller für jedes Filter angegebenen Daten und die entsprechenden Mittelwerte. Die gemessenen Strömungswiderstände (Spalte 5) sind in Abb. 1 in Abhängigkeit von der Porengröße in doppeltlogarithmischem Maßstab aufgetragen. Es ergeben sich Werte zwischen 6 für die grobkörnigen und 12000 Strömungsohm für die feinkörnigen Filter.

Es lag nahe zu prüfen, ob das Gesetz von Hagen-Poisseuille auf die Luftströmung durch die hier untersuchten porösen Stoffe anwendbar sei. Das Gesetz sagt aus: Unter der Annahme laminarer Strömung ist das in der Zeiteinheit durch ein Rohr vom Radius a ausströmende Volumen eines Gases gegeben durch

$$W = \frac{\pi \Delta p\, a^4}{8 \eta l}.$$

Es ist

Δp = Druckdifferenz an den Enden des Rohres,

l = Länge des Rohres; für den porösen Stoff ist l = Länge einer Kapillare, im allgemeinen größer als d,

η = Zähigkeitskoeffizient des Gases; für Luft bei 20° C ist $\eta = 1{,}81 \cdot 10^{-4}$ $[\mathrm{cm^{-1}\ g\ sec^{-1}}]$.

Setzt man $W = V/t$ in die Definitionsgleichung für den spezifischen Strömungswiderstand ein,

so erhält man, wenn n = Anzahl der Kapillaren der Probe

$$r = \frac{\Delta p}{n \cdot W} \cdot \frac{F}{d} = \frac{8 \eta F l}{\pi n d a^4},$$

n kann aus der Porosität P des Werkstoffes berechnet werden. Es ist

$$P = \frac{n \pi a^2 l}{F \cdot d}$$

und damit

$$(1) \qquad r = \frac{8 \eta}{P a^2} \left(\frac{l}{d}\right)^2.$$

nach umgekehrt proportional dem Quadrat der Porengröße. Tatsächlich gibt eine Gerade $\log r = C - 2 \log a$ in Abb. 1 verhältnismäßig gut den Gang der Meßwerte für die keramischen Filter wieder. Die Meßpunkte für die Glasfilter liegen dagegen bei höheren Widerstandswerten, was wohl auf eine kleinere Porosität des Materials hindeutet.

In Spalte 6 der Tabelle sind die nach Gleichung (1) berechneten Widerstandswerte für

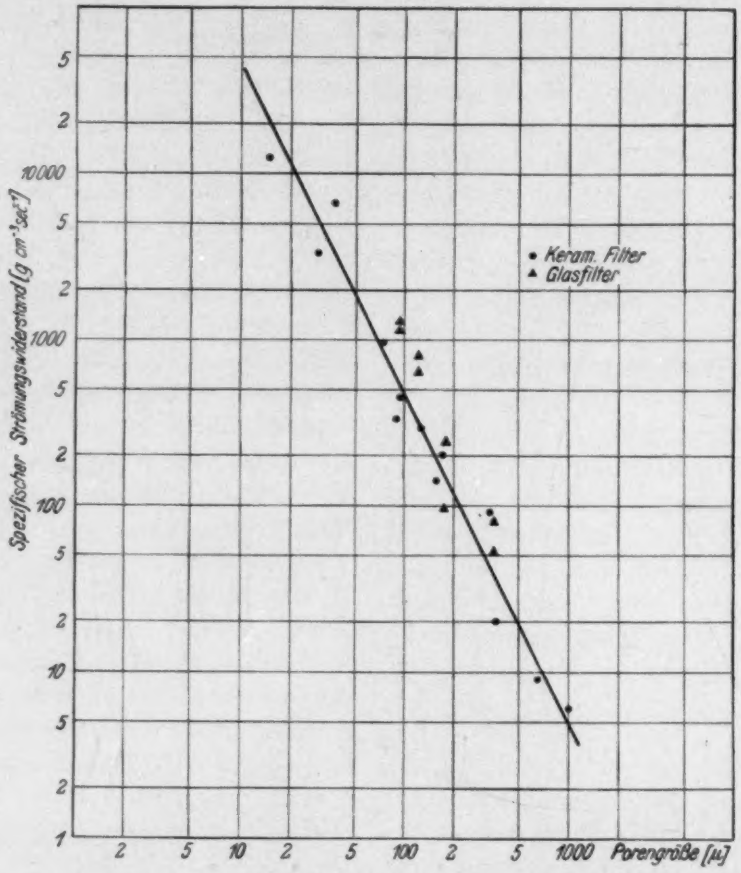


Abb. 1. Spez. Strömungswiderstand r in Abhängigkeit von der Porengröße $2a$ für keramische Werkstoffe

Unter der Voraussetzung, daß P = const, was nach Spalte 4 der Tabelle angenähert zutrifft[1]) und daß l/d ebenfalls für alle Filter einen festen Wert hat, ist der Strömungswiderstand dem-

$l/d = 1$ eingetragen. Ein Vergleich der gemessenen und berechneten Werte führt auf die in Spalte 7 angegebenen Größen l/d; es zeigt sich, daß diese Werte keinen Gang mit der Porengröße aufweisen.

Die untersuchten keramischen Filter stellen Strömungswiderstände im Bereich von 6 bis 12000 cgs dar. Die Meßwerte zeigen, daß auf die Luftströmung durch solche Werkstoffe

[1]) Die geringen Unterschiede in der Porosität dieser Stoffe von körniger Struktur ließen vermuten, daß ihre Porosität etwa derjenigen der dichtesten Kugelpackung entsprechen würde; diese beträgt jedoch nur 11%.

Tabelle

1 Nr.	2 Dicke d [cm]	3 Porengröße $2a$ [μ]		4 Porosität P %		5 Spez. Strömungswiderstand r [cm^{-3} g sec^{-1}] gemessen für Druck „O“	6 berechnet für $l/d = 1$	7 l/d
			Mittelw.		Mittelw.			
1	2	800—1200	1000	38—31	34,5	6	1,7	1,9
2	2	500—800	650	38—31	34,5	9	4,0	1,5
3	2	310—410	360	38—31	34,5	20	13	1,2
4	2	260—400	330	38—31	34,5	90	16	2,4
5	2	140—200	170	47—37	42	200	48	2,0
6	2	140—170	155	34—31	32,5	140	73	1,4
7	2	100—150	125	47—37	42	290	89	1,8
8	2	90—100	95	47—37	42	430	150	1,7
9	2	80—100	90	38—34	36	330	200	1,3
10	2	60—90	75	47—37	42	950	250	2,0
11	2	30—45	38	38—34	36	6500	1100	2,4
12	2	25—35	30	47—37	42	3250	1500	1,5
13	2	14—16	15	47—37	42	12200	6200	1,4
14	1	200—500				53		
15	2	200—500				80		
16	1	150—200				240		
17	2	150—200				96		
18	1	90—150				790		
19	2	90—150				650		
20	1	40—150				1100		
21	2	40—150				1230		

Nr. 1—13: Keramische Filter (Schumacher). Nr. 14—21: Glasfilter (Schott u. Gen.).

das HAGEN-POISSEUILLEsche Gesetz anwendbar ist. Eine numerische Auswertung ergibt, daß die Porenlänge im Mittel das 1,7fache der Filterdicke beträgt. Bei Verwendung dieses Wertes läßt sich der Strömungswiderstand eines porösen keramischen Stoffes mit Hilfe von Gl. (1) abschätzen, wenn Porosität und Porengröße bekannt sind. Es ist nämlich:

$$r \approx \frac{4{,}2 \cdot 10^7}{P\,a^2} \quad \text{Strömungsohm} \qquad [P \text{ in } \%;\ a \text{ in } \mu]. \tag{1a}$$

Es muß ausführlichen Messungen vorbehalten bleiben, den Zahlenwert l/d genauer festzulegen. *(Eingegangen am 28. Februar 1941.)*

Raumakustische Wandelbarkeit*)

Von Karl Fred Darmer

Mitteilung aus dem Raumakustischen Laboratorium der Technischen Hochschule Hannover

(Mit 37 Textabbildungen)

I. Einleitung

Vom Entwurf bis zum erstellten Bauobjekt, das alle Anforderungen zu erfüllen vermag, ist der Architekt gezwungen, eine erhebliche Anzahl von Vorbedingungen zu berücksichtigen, die er unter dem Gesichtspunkt der zu erzielenden schönheitlichen Gesamtwirkung sorgfältig gegeneinander abwägen muß.

Die Voraussetzungen, die eine gute Hörsamkeit in einem Innenraum gewährleisten, sind von der wissenschaftlichen Forschung in den

*) D 89.

letzten Jahrzehnten immer schärfer abgegrenzt worden. Sie sind nicht nur unterschiedlich in bezug auf den Verwendungszweck des Raumes als Theater, Kino, Konzertsaal, Hörsaal, Senderaum usw., sondern auch bezüglich der Art der Darbietung, z. B. Rede, Instrumentalmusik, Gesang u. dgl. m.

Diese Erkenntnis wurde vom Rundfunk schon zeitig nutzbar gemacht. Die Sendesäle wurden für die klanglichen Anforderungen des Mikrophons hergerichtet. Durch „Wandelbarkeit" wurden dabei die „Schallbeeinflussungen des Raumes an die Art der klanglichen Darbietung angepaßt". Meistens allerdings verfügt ein Rundfunkhaus über eine größere Anzahl akustisch verschieden ausgestatteter Räume, so daß die Anpassung durch die Auswahl des jeweils geeigneten Raumes erfolgen kann.

Weniger Sorgfalt in bezug auf die Darbietungsart wird auf Räume verwendet, die für eine unmittelbar an Hörer sich richtende Schallerzeugung dienen. Es ergibt sich die Frage, wie weit es möglich ist, verschiedenartige Tonerzeugnisse in einem „akustisch wandelbaren Zuhörerraum" zu jeweils bester Wirkung kommen zu lassen. Angeregt durch eine Veröffentlichung[1]) soll versucht werden, das Wesen von „Nachhallregelsystemen" herauszuschälen und die Verwendbarkeit derartiger Vorrichtungen an einer Studie zu ergründen.

II. Raumakustische Grundlagen

Zur besseren Klärung der Zusammenhänge sei erlaubt, einige raumakustische Grundlagen voranzustellen, ehe auf Zweck, Aufbau und Ausgestaltung der Regelsysteme näher eingegeangen wird.

Eine gute Hörsamkeit wird in einem Raum erzielt, wenn vier Bedingungen[2]) erfüllt sind: Sprache, Gesang und Musik müssen

1. bei jedem Hörer mit genügender Lautstärke ankommen,
2. von allen Hörern frei von Echo, Interferenz oder Schwebung wahrgenommen werden,
3. von einem Nachhall begleitet sein, der eine bestimmte Dauer weder über- noch unterschreitet,
4. so gehört werden, daß die Klangtreue beibehalten wird. Dieses Ergebnis wird durch zwei Maßnahmen erzielt:
   a) geeignete Wahl der Abmessungen und der Raumform, damit der Schallrückwurf auf möglichst kurzem Wege zu allen Hörern gelangt,
   b) Auswahl der zweckentsprechenden Stoffe für den Aufbau und den inneren Ausbau.

Sowohl der ohne Zuhörer gedachte Sendesaal wie auch der Zuhörerraum richten sich in ihrer Gestaltung nach der Art der Darbietung. Wenn auch das Mikrophon als technisches Ohr sich in bezug auf die Wahrnehmung[3]) anders als das Ohr des Menschen verhält, so gilt doch für beide Raumverwendungen die Erfüllung der obigen vier Bedingungen. Die Wahl der Abmessungen, der Raumform und der Art der Raumbegrenzungen stehen dem Architekten als Mittel zur Verfügung.

Zu a) Raumgröße und Raumform

Bei der Festlegung der Raumgröße eines Zuhörerraumes ist nicht nur der Rauminhalt, sondern auch der Luftanteil je Person zu berücksichtigen. Seine geeignete Bemessung ist für die gewünschte Nachhalldauer mitbestimmend.

Räume von 1000—20000 m³ Inhalt werden im Schrifttum als „mittlere" bezeichnet. In dieser Größenordnung liegen nicht nur die meisten Gemeinschaftsräume und Konzertsäle, sondern auch die Lichtspieltheater. Aus der Verständlichkeit der menschlichen Einzelstimme ergibt sich die Grenze für Sprechräume $\leq$ 20000 m³; für Musikräume findet sich $\leq$ 30000 m³. Überschreitet man diese Größen z. B. für politische Versammlungen, Kongresse usw., so muß der Lautsprecher der Darbietung zu Hilfe kommen.

Will man Großräume auch für Darbietungen nutzbar machen, die nur in Räumen mittlerer Größe zu brauchbarer Wirkung kommen, so ergibt sich die Notwendigkeit der Raumteilung. Eine derartige „Veränderlichkeit" bleibt nach der Begriffsbestimmung dieses Themas unberücksichtigt.

[1]) Architectural Record „Control of sound in buildings". Verlag: F. W. Dodge Corporation 115—119 West 40th Street, New-York, January 1940.

[2]) W. H. Makowsky, Die Gestaltung von Räumen nach akustischen Gesichtspunkten, Diss. T. H., Berlin 1937.

[3]) F. Scheminsky, Die Welt des Schalles, im Verlag: Das Berglandbuch.

Der Luftanteil je Person, der einen angemessenen Nachhall ergibt, geht aus der folgenden Darstellung[4]) hervor (Abb. 1). Er ist nicht nur unterschiedlich in bezug auf die Darbietung, sondern auch verschieden für unmittelbaren und mechanisch wiedergegebenen Schall anzunehmen.

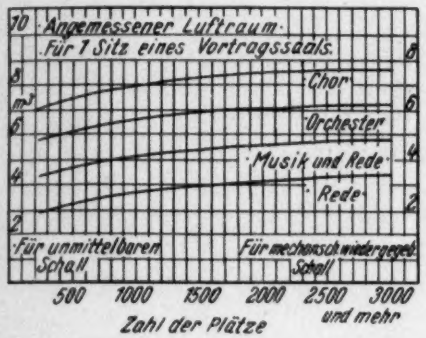


Abb. 1. Angemessener Luftraum pro Person bei verschiedenen Arten der Darbietung, für unmittelbaren Schall (Ordinate rechts), für mechanisch wiedergegebenen Schall (Ordinate links)

Beabsichtigt man einen Raum mit bestimmter Platzzahl für verschiedene klangliche Darbietungen zu verwenden, so erscheint es ratsam, eine Darbietung mittleren Luftanteils je Person zugrunde zu legen. Würde man den größten wählen, so hätte dieses zur Folge, daß bei den anderen Darbietungen ein zu langer Nachhall auftreten würde. Der beigefügte Entwurf zeigt jedoch, wie ein Nachhallregelungssystem auch diesen zu vermindern mag.

In bezug auf die Raumform[5]) sind folgende Richtlinien zu berücksichtigen. Alle Plätze des Zuhörerraumes müssen möglichst gleichmäßig mit Schall beschickt werden. Man erzielt dieses durch Überhöhung der Schallquelle oder durch ein nach rückwärts stärkeres Ansteigen der Platzreihen. Ferner darf keine Übertreibung einer Raumausdehnung stattfinden. Rückwürfe sind zur Schallverstärkung nutzbar zu machen. Die erstmaligen Rückwürfe der Schallstrahlen dürfen keinen größeren Umweg als 17 m für Musik und 12 m für Sprache gegenüber dem unmittelbar zum Hörer gehenden Schall ergeben. Schallansammlungen durch Hohlflächen sind zu verhindern; Flatterechos zwischen parallelen Wänden sind durch Schrägstellung zu vermeiden.

Zu b) Auswahl der zweckentsprechenden Stoffe

Die Wahrnehmbarkeitsdauer der Schallenergie (Nachhall)[6]) ist abhängig von dem Energieverlust, den der Schall durch die Umschließungsflächen des Raumes und seine sonstige Ausstattung nicht zuletzt durch anwesende Personen und bei höheren Tönen auch durch die Absorption der Luft selbst erleidet.

Die Innenausstattung eines Raumes und der durch sie bedingte Nachhall muß sich nach dem Verwendungszweck des Raumes richten. Einen interessanten Vergleich bietet hierfür eine Darstellung[7]), in der neben den Nachhallgrenzen für Tonfilmwiedergaberäume die Nachhallzeiten für Räume mit anerkannt guter Hörsamkeit verschiedenster Größe eingetragen sind (Abb. 2).

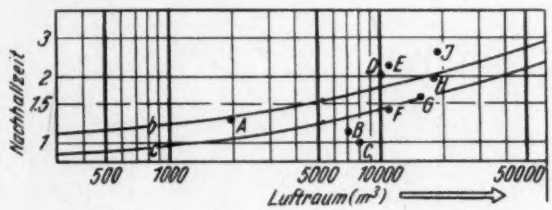


Abb. 2. Nachhallzeiten bei 512 Hz einiger Räume mit guter Hörsamkeit bei voller Besetzung. (Nach von Braunmühl)

A Altes Gewandhaus Leipzig
B Beethovensaal, Berlin
C Staatsoper, Berlin
D Gewandhaus, Leipzig
E Festspielhaus, Bayreuth
F Musikvereinssaal, Wien
G Konzerthaus, Wien
H Philharmonie, Berlin
J Thomaskirche, Leipzig

Aufschlußreicher ist eine Zusammenstellung[8]), die angemessene Nachhallzeiten für Zuhörerräume von gegebener Größe in bezug auf verschiedenartige Darbietungen veranschaulicht (Abb. 3).

Wünschenswert wäre es, einen Raum, dessen Nachhall verschiedenen Darbietungen gerecht werden soll, so herzurichten, daß die Nachhall-

[4]) C. W. Glover, Practical acoustics for the constructor, S. 78.

[5]) E. Michel, Akustik und Schallschutz im Hochbau, Sammlung Göschen 1119.

[6]) Th. Schultes, Untersuchungen über Raumakustik, Diss., Darmstadt 1934.

[7]) K. H. Weisse, Nachhallgestaltung in Sälen für Tonfilmwiedergabe, 1939.

[8]) C. Zwikker, Het gebruik von acoustische materialen, Bouwbederijf en openbare Werken, 1939.

zeit auf lange wie auch auf kurze Dauer eingestellt werden könnte. Der zeitliche Zwischenraum sei als Regelungsspanne bezeichnet.

Eine unfreiwillige Nachhallbeeinflussung entsteht infolge von Schluckung des Schalles

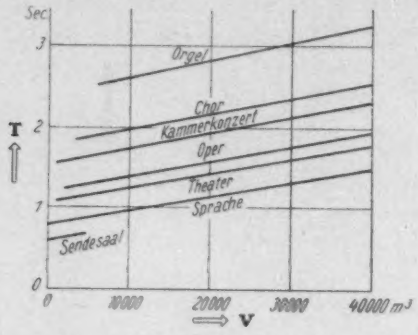


Abb. 3. Angemessene Nachhallzeiten von Räumen in Bezug auf verschiedenartige Darbietungen

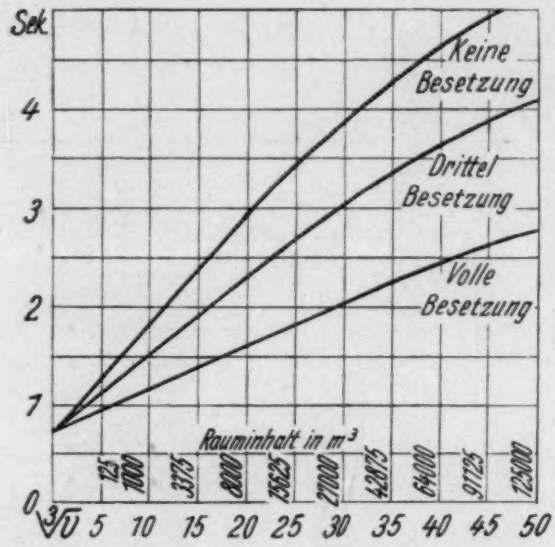


Abb. 4. Angemessene Nachhallzeiten von Räumen bei verschiedenen Besetzungszuständen

durch anwesende Personen (Abb. 4). Die gezeigten Kurven[5]) machen die nicht unerhebliche Wirkung sichtbar. Durch Polsterung des Gestühls wird versucht, die damit verbundene Veränderung der Hörsamkeit auszugleichen. Die in Abb. 4 angegebenen Angemessenheitswerte der Nachhallzeiten für 512 Hz sind bei Orchester um 15%, bei Chor um 40% höher, bei Wiedergaberede und Musik um 15% niedriger anzunehmen.

Für mechanische Wiedergabe ist ein kürzerer Nachhall erforderlich, weil z. B. im Tonfilm die raumakustischen Verhältnisse des Schallaufnahmeraumes enthalten sind. Diese überlagern sich denen des Lichtspielhauses und dürfen durch die letzteren nicht gestört werden.

Auch die Nachhallzeiten von Sendesälen sind in niedrigen Grenzen zu halten. Unter sonst gleichen Voraussetzungen soll die Nachhalldauer eines Sendesaales um etwa ein Drittel kleiner sein, als die eines Konzertsaales.

Für die Ausstattung eines Raumes stehen dem Architekten Materialien mit den verschiedensten Schallschluckeigenschaften zur Verfügung. Die Schluckzahl eines Materials ändert sich mit der Tonhöhe, und ist abhängig

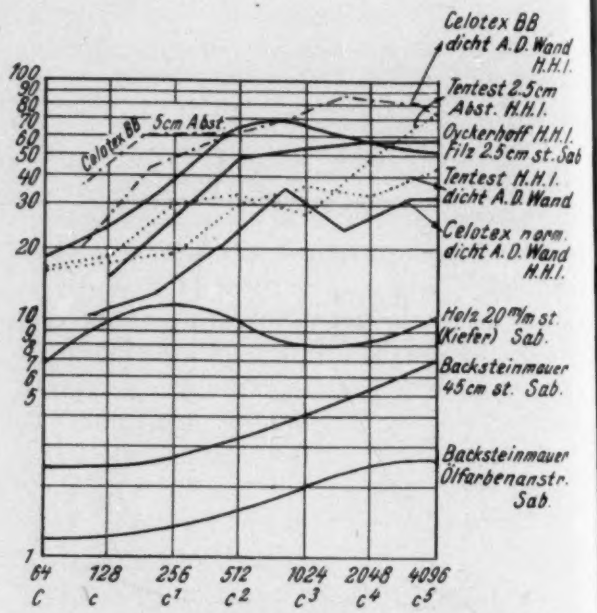


Abb. 5. Vergleich der Schallschluckzahlen verschiedener Materialien in Abhängigkeit von der Frequenz

von dem Gefüge, der Stärke und der Befestigungsart des Materials (Abb. 5). Man unterscheidet „porige" (z. B. Filz) und „schwingungsfähige" Schallschlucker[9]) (z. B. Holz). Die ersteren haben die Eigenschaft, Töne von höherer Schwingungszahl stärker zu tilgen, als die darunterliegenden, während von den letzteren die tieferen Frequenzen bevorzugt werden.

[9]) W. Gabler, Die Akustik des Tonfilmtheaters. Verlag W. Knapp, Halle.

Durch sorgfältiges Abwägen der Ausstattungsmaterialien gelingt es, die Klangfarbe und damit den Charakter der Darbietung weitgehend zu beeinflussen.

In diesem Zusammenhang sei eine Ausstattungsanordnung[10]) erwähnt, die eine gelochte Platte verwendet und deren Schluckfähigkeit in bezug auf die Tonhöhe sich gleichbleibend verhält (Abb. 6).

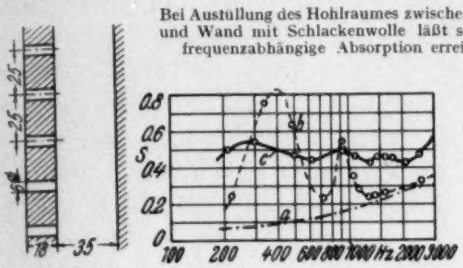


Abb. 6. Schallschluckfähigkeit einer gelochten Faserstoffplatte

a nicht gelochte Faserstoffplatte; *b* gelochte Platte gemäß nebenstehender Skizze 35 mm Abstand von der festen Wand; *c* wie *b*, jedoch Ausfüllung des Hohlraumes zwischen Wand und Platte mit Schlackenwolle

Es ergibt sich schließlich noch die Frage, welche Nachhallzeiten in bezug auf die Tonhöhe, d. h. welche Frequenzkurven anzustreben sind. Konzertsaal, Tonfilmtheater und Sendesaal stellen entsprechend ihrem Verwendungszweck hier unterschiedliche Anforderungen.

Bezüglich der Frequenzabhängigkeiten zeigen die Kurven in Abb. 7 Werte[11])[12]), die von der Forschung als günstig herausgefunden wurden.

Zusammenfassend ist zu b) festzustellen, daß die Nachhallzeiten, die verschiedene klangliche Darbietungen von einem Raum verlangen, nicht unerheblich voneinander abweichen. Abwandlungen der Raumausstattung sind das Mittel, das dem Architekten die Nachhalldauer zu beeinflussen gestattet. Es bleibt zu untersuchen, welche Wirkungen in bezug auf Regelungsspanne und Klangfarbe sich erzielen lassen.

[10]) E. Wintergerst, Grundlegende Untersuchungen über Schallabsorption. Z. VDI. 1933, S. 94. Theorie d. Schallabsorption von Wandbekleidungen, Z. techn. Phys. 1935, S. 659.

[11]) O. Frank, Normungsaufgaben in der Kinotechnik. Z. VDI. 1938, S. 746.

[12]) Meyer-Cremer, Über Hörsamkeit holzausgekleideter Räume. Z. techn. Phys. 1933. S. 500.

III. Das Wesen der Nachhallregelsysteme

Das Nachhallregelsystem ist eine mechanische Vorrichtung, die es erlaubt, Ausstattungsmaterialien verschiedener Schluckzahlen, mengenmäßig je nach Bedarf dem Innenraum zuzukehren. Auf ihrer mehr oder weniger starken Schluckung beruht die Beeinflussung des Nachhalls.

Auf einfache Hilfsmittel wie Anbringung von Vorhängen usw. sei hier zunächst nicht näher eingegangen. Wenn man unter obiger Begriffsfestlegung Umschau hält, so findet man die nachfolgende Patentschrift[13]) (Abb. 8). „Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Regelung des Nachhalls in Tonaufnahme- und Wiedergaberäumen mittels auf den Wänden und an der Decke befestigter Schallreflektionskörper."

Der Aufbau dieses Systems besteht darin, daß „Ausstattungsmaterialien verschiedener

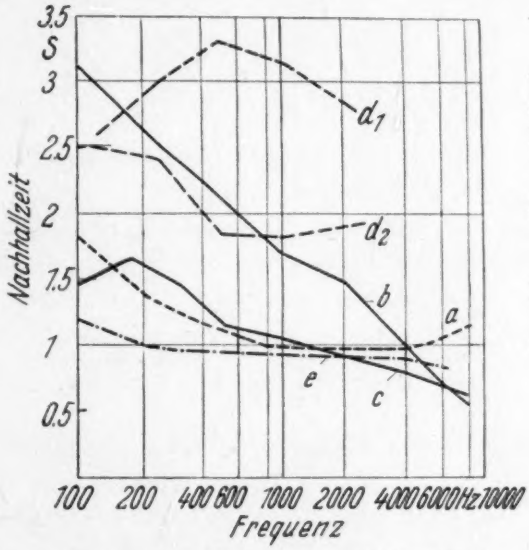


Abb. 7. Nachhallzeiten in Musikräumen

a günstigste Nachhallzeiten für Tonfilmtheater nach amerikanischen Untersuchungen; *b* und *c* Nachhallzeiten zweier Tonfilmtheater mit 1200 Plätzen, leer; *d* Nachhallzeiten der Philharmonie in Berlin (nach E. Meyer); d_1 leer d_2 besetzt; *e* günstigste Nachhallzeiten für Senderäume, vom deutschen Rundfunk angestrebt

Schluckzahlen" durch die in der Decke und den Wänden ausgesparten Öffnungen in den Luftraum des Studios eingetaucht werden

[13]) Patentschrift Nr. 589790, Klasse 37f., patentiert 20. 7. 1931.

können. Die Menge der dem Innenraum damit zugeführten Materialien läßt sich durch die Schiebevorrichtung beliebig ändern.

Der in der Patentschrift verwendete Begriff „Schallreflektionskörper" ist besser durch „Schallabsorptionskörper" zu ersetzen, da seine den Nachhall beeinflussende Wirkung auf einer Vergrößerung der Schluckung beruht. Die

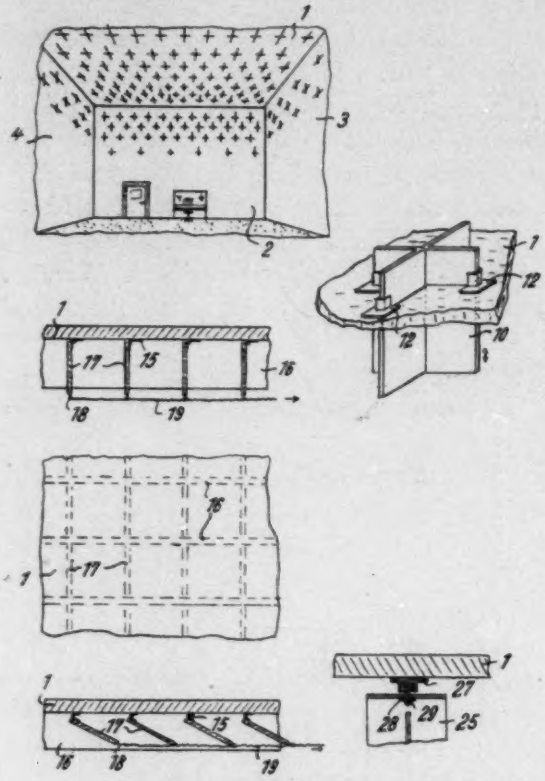


Abb. 8. Nachhallregelung durch verstellbare Schallabsorptionskörper nach DRP. 589790

Stärke der Schluckung (s. IV) wird durch das Produkt Fläche mal Schluckzahl bestimmt. Der erste Faktor ist also der Veränderliche, während der zweite durch das gewählte Material festliegt. Von der Auswahl des Materials hängt, wie bereits erwähnt, wegen der unterschiedlichen Schluckung in bezug auf die Tonhöhe, die Klangfarbe ab. Sie muß also im Hinblick auf die gewünschte Nachhallkurve erfolgen.

Ein weiterer Vorschlag der Patentschrift zeigt „Schallreflektionskörper" aus verstellbaren, klappenartigen Brettchen. Wieweit diese Vorrichtung in ihrer Wirkung den später behandelten entspricht, geht nicht eindeutig aus dem Text hervor.

Vom Standpunkt des Architekten muß gesagt werden, daß die vorgeschlagenen Lösungen noch sehr zweckbedingt sind. Bezüglich der Abnutzung, besonders der porösen Materialien, bei der Art der Verstellbarkeit bestehen Bedenken. Den sichtbaren Erscheinungsformen haftet noch der Eindruck des Provisoriums an.

Eine andere, den Nachhall beeinflussende Vorrichtung zeigt der systematische Querschnitt eines Sendesaales[14]) (Abb. 9). Die Konstruktion ist so gestaltet, daß mit Hilfe einer hydraulischen Einrichtung die Schallkorridore durch Wände geschlossen werden können. Die nun dem Innenraum und damit der Schallquelle zugekehrte Seite ist mit einem Filzüberzug versehen. Das Wesentliche dieser Anord-

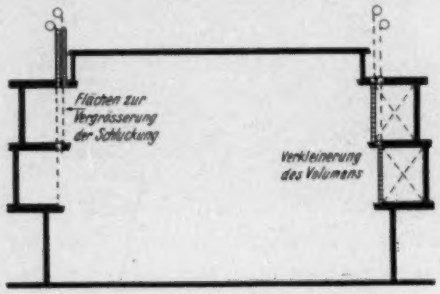


Abb. 9. Veränderung des Nachhalls mit Hilfe von „Schallkorridoren"

nung sind die beiden akustisch verschieden wirkenden Ausstattungsflächen, die je nach Bedarf dem Innenraum zugekehrt werden können. Der zwischen ihnen befindliche Luftraum wird gleichfalls ausgeschaltet und ist bei der Wirkung zu berücksichtigen. Bei den später gezeigten Lösungen liegen die Flächen so dicht hintereinander, daß der Gesamtluftraum unverändert bleibt.

Da die wandelbaren Flächen nur etwa ein Zehntel der Gesamtinnenfläche betragen, ist die Nachhallspanne nicht erheblich. Den porigen Schallschluckern entsprechend ist sie in den tieferen Tonlagen völlig unwirksam und erst bei den höheren Frequenzen bemerkbar.

Wenn gegenwärtig aus betriebstechnischen Gründen von dieser Wandelbarkeit auch kaum mehr Gebrauch gemacht wird, weil die heute zahlreicher

[14]) E. Michel, Das Hamburger Rundfunkhaus. Dtsch. Bauhütte 1931, S. 126.

zur Verfügung stehenden Studios die Gleichzeitigkeit des Spiels erlauben, so ist doch bestätigt worden, daß die mechanische Vorrichtung sich gut bewährt hat.

Vom schönheitlichen Standpunkt kann gesagt werden, daß die Vorrichtung sich gut in den Gesamtorganismus des Raumes einpaßt und bei der frühen Erstellung eine beachtliche Lösung darstellt.

Die starke Schluckwirkung, die von Webstoffen erzeugt, und deren Wirkung noch heute bei der Ausstattung von Lichtspielhäusern ausgenutzt wird, wurde bereits frühzeitig erkannt. Ein Regelsystem, dessen Einfluß auf den Eigenschaften dieser Materialien beruht, wird in der nächsten Darstellung[1]) gezeigt (Abb. 10).

Die vorgeschlagene Lösung ist in eine Wandnische eingebaut, die mit einem Gitter oder mit dünnem Stoff verkleidet ist. Zwei drehbare Walzen ermöglichen die dem Innenraum zugekehrte Seite einer Schieferplatte ganz oder teilweise mit einer Filzfläche zu bedecken.

Der Aufbau und die mechanische Betätigung ist denkbar einfach. In bezug auf die Nachhallbeeinflussung kann eine stärkere Wirkung nur erwartet werden, wenn entsprechend große

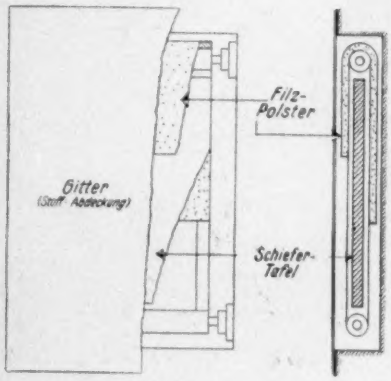


Abb. 10. Nachhallregelung durch bewegliche Filzflächen

Flächen veränderbar sind. Die Schluckung liegt dabei, wie bereits erwähnt, vor allem bei den höheren Tonlagen, die infolgedessen gegenüber den tieferen nicht zur vollen Wirkung kommen. Die oft bevorzugte Verwendung von Webstoffen bei der Ausstattung der Lichtspielhäuser, und die dadurch bedingte Veränderung der Klangfarbe, läßt kabarettistische Gesangseinlagen und Originalmusik nicht zu voller Geltung kommen. Ein Regelsystem, das einen Teil der Filzflächen zu entfernen und den Nachhall zu verlängern erlaubt, würde neben Verwendung von Holz die Hörsamkeit verbessern.

Abb. 11. Sendesaal mit Vorhängen an der Orchesterrückwand

Vom schönheitlichen Standpunkt ist gegen die geschilderte Anordnung (Abb. 10) nichts einzuwenden, weil sie dem Hörer nicht sichtbar wird. Zu bemerken ist nur, daß die Haltbarkeit und Reinlichkeit von Webstoffen beschränkt ist und sich daher hier gewisse Bedenken ergeben.

Bilder von Studios älteren Datums zeigen dagegen noch eine umfangreiche Verwendung von Vorhängen und Stoffen. Bei Neubauten mit ihrer zielbewußten und dabei auch wirtschaftlichen Hörsamkeitsgestaltung treten diese Materialien nur noch bescheiden in Erscheinung. Das folgende Bild zeigt einen Sendesaal[15]), bei dem die Rückwürfe der Orchesterwand durch Vorhänge verändert werden können (Abb. 11).

Welche erkenntnisreichen Ergebnisse aus einer Zusammenarbeit zwischen Architekt und Akustiker entstehen können, zeigt der folgende Vorschlag[16]) (Abb. 12 und 13). Es handelt sich um einen Hörsaal, der unterschiedliche klangliche Darbietungen jeweils zu bester Wirkung bringen soll. Das Mittel, das den Nachhall zu

[15]) H. Hopp, Neubau des Ostmarken-Rundfunkhauses. Bauwelt 25 (1934), H. 4.

[16]) Bagenal & Wood, Planing for good acoustics, Methuen & Co., Ltd. 36, Essex Street, London 1931.

verändern erlaubt, darf wegen seiner äußeren Erscheinungsform wohl als „Gittersystem" bezeichnet werden.

Klappen, die um senkrechte Achsen drehbar sind, geben bei der im Grundriß angegebenen Stellung dem Schall den Weg frei, so daß er von den dahinter angebrachten stark schluckenden Materialien getilgt werden kann.

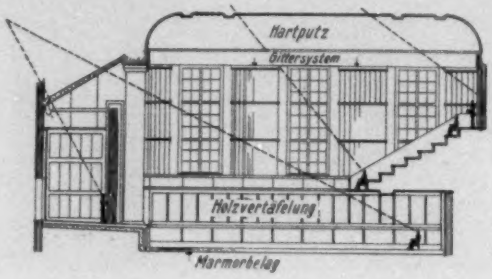


Abb. 12

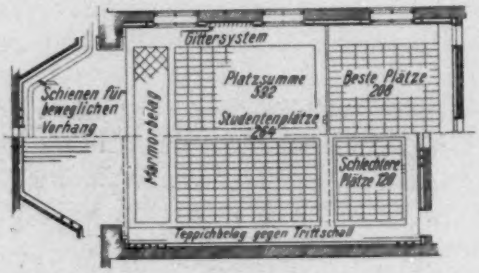


Abb. 13

Abb. 12. und 13. Hörsaal mit Nachhallregelung durch ein „Gittersystem"

Eine weitere Vergrößerung der Schluckung ist mit Hilfe eines Vorhangs möglich, der die Wände der Bühne bedeckt. Allerdings kommt gerade hier eine stark schallschluckende Ausstattung kaum in Betracht. Eine solche müßte vielmehr an der Gegenseite angebracht werden.

Die übrige Ausstattung zeigt eine sinnvolle Verteilung der bei der Klangfarbe mitwirkenden Materialien. Die sockelartige Holzvertäfelung wird sich besonders auch für tiefere Tonlagen günstig auswirken. Die Schallenergie, die auf die wenig schluckende Decke auftrifft, wird auf dem Rang durch Schallverstärkung nutzbar. Auch vor der Bühne ist ein Teil des Fußbodens in Verfolgung des gleichen Zweckes mit Marmorplatten belegt.

Vom Standpunkt des Beschauers darf gesagt werden, daß der Architekt sich der ihm gestellten Aufgabe mit gutem Erfolg entledigt hat. Natürlich sprechen Farbe, Materialbehandlung und Beleuchtung bei der Abstimmung des Raumeindrucks ein gewichtiges Wort mit. Sie sind jedoch für das hier vorliegende Thema nicht von Bedeutung.

Ein Schallplattenaufnahmeraum[1]), dessen Nachhall beeinflussende Vorrichtungen mit denen des Gittersystems identisch sind, wird im nächsten Bilde wiedergegeben (Abb. 14).

Der Raumeindruck kennzeichnet die Gestaltungskraft des amerikanischen Architekten, der die Zielsetzung verfolgt, die Wesensart seines Raumes zu gesteigerter schönheitlicher Wirkung zu verhelfen.

Durch Richtungswechsel der hölzernen Bekleidungswände wird geschickt verhindert, daß sogenannte „stehende Wellen" (Dröhnen), die zwischen parallelen Wänden auftreten, sich bilden können. Diese akustische Notwendigkeit ist zusammen mit der Aufteilung des Gittersystems so durchgeführt, daß die Wände eine rhythmische Gliederung erfuhren. Damit gelangt man zu einer Ausdrucksform, die sowohl akustisch als auch schönheitlich dem Wesen des Raumes und seiner Benutzungsart entspricht.

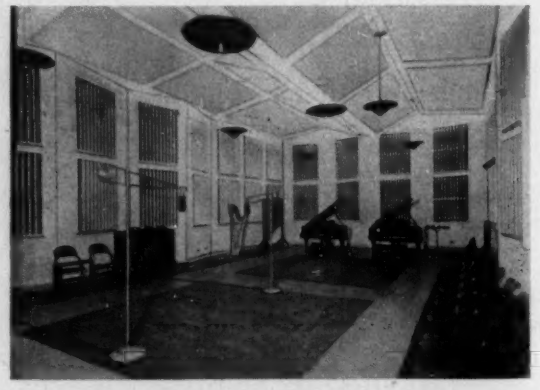


Abb. 14. Schallplattenaufnahmeraum mit wandelbarer Nachhallzeit

Der Gedanke, die Decke und den Dachraum für die Beeinflussung des Nachhalls zu verwenden, ist in einem Sendesaal bereits ausgeführt[17]) (Abb. 15).

---

[17]) O. Dürr, Studio-Neubau, Radio Zürich. Schweiz. Bauztg. 109 (1934), S. 39.

Die Gitterschlitze betragen etwa 25% der Deckenfläche. Der Dachraum hat 700 m³ Inhalt. Die Variation beträgt indessen nur 0,1—0,25 sec je nach Frequenz. Das Lichtspielhaus Trocadéro in Paris besitzt seitlich angeordnete Hallräume, die den Nachhall des Hauptraumes zu verlängern erlauben.

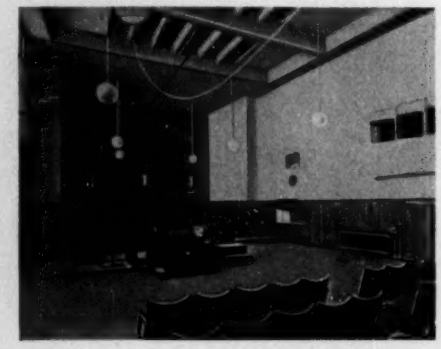


Abb. 15. Sendesaal mit Nachhallregelung durch Gitterschlitze an der Decke

Eine Konstruktionsidee von äußerst einfachem Aufbau, die auch vom Rundfunk in ähnlicher Form bereits frühzeitig verwendet wurde, wird von der nächsten Skizze wiedergegeben[1]) (Abb. 16).

Auf dem Hartputz ist eine Wandausstattung von stärker schluckenden Materialien befestigt, wie sie der vorwiegenden Benutzungsart des Raumes entspricht. Mit Hilfe von türartigen Klappen wird an der Gesamtschluckung des Raumes die dadurch freigelegte Fläche Hartputz beteiligt, die weniger Schall zu absorbieren in der Lage ist. Die Klappe würde völlig umzuschlagen sein, so daß ihre Außenfläche die Wandbekleidung bedeckt und nur die hart aus-

Abb. 16. Nachhallregelung mit Hilfe von Klappen

zustattende Innenseite wirksam wird. So verwendet würde die Vorrichtung in gewissem Maße die Gesamtschluckung zu vermindern und den Nachhall zu vergrößern ermöglichen.

Diese Art der Anordnung erstrebt die Schluckung der Wand zu vermindern. Die Größe der freigelegten Putzfläche ermöglicht bereits gewisse Rückschlüsse auf die zu erwartende Wirkung. Im geöffneten Zustand beträgt der Anteil der Putzfläche die Hälfte der Gesamtfläche des Systems.

Ein Ausführungsbeispiel[18]), bei dem die Klappen das hinter ihnen liegende stärker schluckende Material freigeben, zeigt ein anderer Sendesaal (Abb. 17).

Es gilt hier, im Gegensatz zum vorhergegangenen Beispiel, die Oberflächen und damit die Schluckung zu vergrößern. Die Klappen sind daher so geöffnet, daß ihre Innen- und Außenflächen bei der Absorption nutzbar werden und den Nachhall in gewünschter Weise zu vermindern helfen. Die Ausstattung ermöglicht ferner verstärkte Schallschluckung durch Ausbreiten von Vorhängen zu erzielen und kennzeichnet damit die frühe Entstehungszeit des Senderaumes.

Bezüglich der schönheitlichen Erscheinungsform des Sendesaales (Abb. 17) darf gesagt

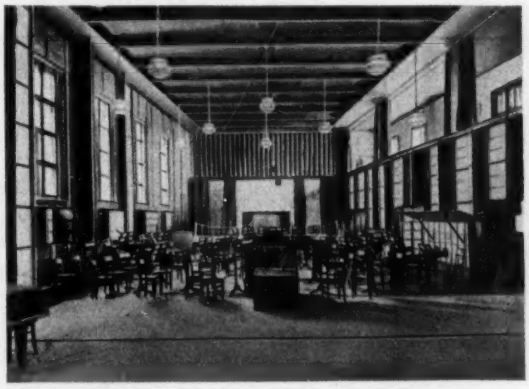


Abb. 17. Sendesaal mit Nachhallregelung durch Klappen und Vorhänge

werden, daß die geöffneten Klappen die Ruhe und Ordnung des Raumeindrucks beeinträchtigen. Architektonisch bessere Lösungen lassen sich erzielen, wenn die beweglichen Ausstattungsteile und die zur Schallzerstreuung erforderlichen Flächengliederungen rhythmisch angeordnet werden. Außer Wirkung gesetzte Elemente sind der Sicht des Beschauers zu entziehen.

[18]) E. Poelzig, Haus des Rundfunks in Berlin. Bauwelt 1931, H. 16.

Über die Wirkung einer Vorrichtung genannter Art können genauere Angaben[19]) gemacht werden (Abb. 18). Im ganzen wurden in einem Sendesaal 23 Klappen angebracht. Wenn alle Klappen auf Holzoberfläche gestellt sind, verläuft der Nachhall gemäß der obersten Kurve. Wenn 10 Klappen offen und 13 geschlossen sind, erhält man die mittlere Kurve. Bei vollständig poröser Absorption ergibt sich die unterste Kurve. Es hat sich bei Versuchen herausgestellt, daß ein geschultes Ohr empfindlich genug ist, um die akustische Veränderung beim Zu- und Aufklappen einer einzigen Tür festzustellen, und daß sogar die optimale Stellung bis auf ein oder zwei Klappeneinheiten ermittelt werden kann. Es zeigt sich dabei interessanterweise, daß die optimale Stellung einer nach den höheren Tönen nicht geradlinigen, sondern leicht abfallenden Kurve zu entsprechen scheint.

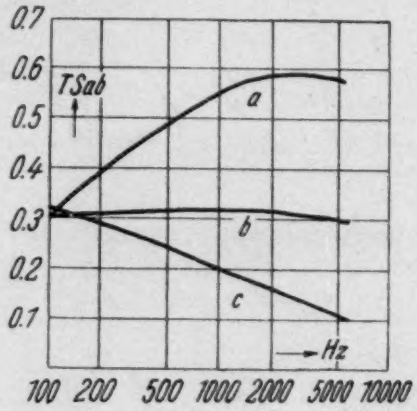


Abb. 18. Senderaum mit stark veränderlicher Hörsamkeit

a Schlackenwolleauskleidung vollständig abgedeckt; *b* Schlackenwolleauskleidung halb abgedeckt; *c* Schlackenwolleauskleidung unabgedeckt (stärkste Dämpfung)

Eine geschickte Anordnung[1]) in schönheitlicher Hinsicht zeigt eine wandelbare Ausstattung unter Verwendung eines Vorhangs (Abb. 19). Die „gleitenden akustischen Elemente" sind untereinander gekoppelt und können mit Hilfe eines elektrischen Motors bewegt werden.

Ein weiterer Vorschlag[20]), der eine gliederungsmäßige Anordnung der wandelbaren Ausstattung erstrebt, ergibt sich durch Verwendung von Schiebetafeln (Abb. 20). Die Wandbehandlung ist so aufgebaut, daß mit Rillen versehene Bahnen aus Hartputz durch Tafeln aus mitschwingenden bzw. porösen Materialien verdeckt werden können. Im freigelegten Zustand sind die Tafeln hinter einer Bekleidung verborgen. Ihr Transport erfolgt wieder zweckmäßig mit Hilfe elektrischer Kraft.

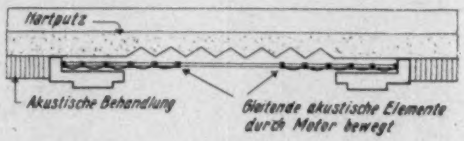


Abb. 19. Nachhallregelung durch vorziehbare Vorhänge

In bezug auf die Wandelbarkeit der Schluckwirkung ist erneut zu bemerken, daß der Hartputz beim Schallrückwurf verhältnismäßig wenig von seiner Energie zu tilgen vermag, während z. B. Holztafeln einen größeren Teil durch Energieumwandlung unwirksam zu machen in der Lage sind. Die Schluckzahlen sind durch die Auswahl der Materialien festgelegt. Die Veränderlichkeit der Schluckung aus dem Produkt Fläche mal Schluckzahl ist damit an den Faktor Fläche gebunden. Das System sieht daher vor, wenn man die aus der Bekleidung und der doppelt so großen Putzbahn bestehenden Fläche als drei Teile ansieht, daß davon zwei also etwa 66% wandelbar gestaltet sind.

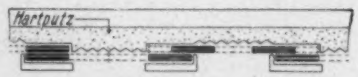


Abb. 20. Nachhallregelung mit Hilfe von gleitenden Tafeln

Die Erweiterung dieses Gedankens führt dazu, möglichst viele Tafeln hinter einer Bekleidung zusammenzuschieben bzw. möglichst große Putzflächen freizulegen. Die folgende Darstellung zeigt den ergänzenden Vorschlag (Abb. 21). Zehn Teile sind auf etwa zwei vermindert und dadurch etwa 80% der Fläche des Systems wandelbar gestaltet.

Mit der Vergrößerung der hörtechnischen Wirkung dieser Vorrichtung verbindet sich die Verbesserung ihrer Erscheinungsform[1]) (Abb. 22).

[19]) J. v. Braunmühl, Neuere raum- und bauakustische Lösungen in Rundfunkbauten. Z. techn. Phys. 1935, S. 575.

[20]) F. H. Olzon, — F. Massa, Appliet Acoustics, 2 nd. Edition P. Blankiston's Son & Co. Inc. Philadelphia, Pa. 1939.

Ein Nachhallregelsystem[1]), das durch pilasterartige Gliederung gleichzeitig eine Schallzerstreuung bewirkt, sei seinem Aufbau nach als „Zylinder-System" bezeichnet (Abb. 23). Dieses ist derart vor der tragenden Wand eingebaut, daß die um ihre senkrechte Achse drehbaren Trommeln je nach Bedarf die stärker oder die schwächer schluckende Halbseite dem Innenraum zuzukehren erlauben.

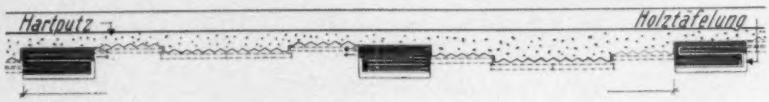


Abb. 21. Änderung der Schluckfähigkeit einer Wand durch verschiebbare Holztafelung

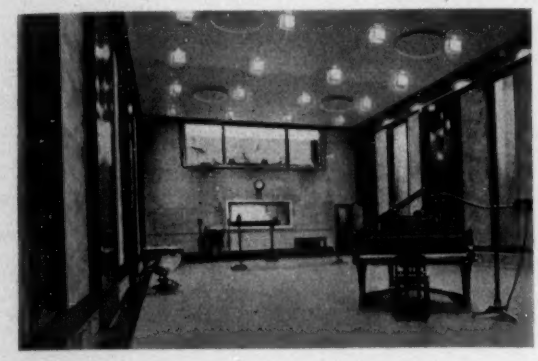


Abb. 22. Sendesaal mit gleitenden Tafeln

Hierfür ist vorgeschlagen, die Schluckzahl von 60%, das entspricht nach SABINE[21]) 0,6 qm freie Öffnung, durch einen Zusatz von 2% Asbestfasern zu dem bereits 20% schluckenden Putz zu erzeugen. In bezug auf den Faktor Fläche ist zu bemerken, daß der Halbzylinder gegenüber einer ebenen Wand eine beachtliche Vergrößerung der Fläche darstellt, der die Wirkung gleichfalls erhöht. Wenn man die Glieder zwischen den Trommeln als zur Wand gehörig betrachtet, so besteht die sichtbare Gesamtfläche des Systems aus den Halbzylindern. Diese können durch die gleich großen anderen Halbseiten ersetzt werden. Die wandelbare Fläche in bezug auf die Gesamtfläche des Systems beträgt dann etwa 100%.

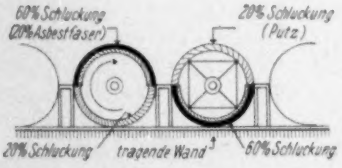


Abb. 23. Nachhallregelung durch Halbzylinder mit unterschiedlicher Schluckfähigkeit

Im Hinblick auf die Frequenzabhängigkeit und die dadurch bedingte Klangfarbe erscheint es zweckmäßig, zahlreichere Materialtypen an der Wandelbarkeit zu beteiligen. Die folgende Skizze zeigt hierfür die Abwandlung des behandelten Vorschlages durch den Verfasser (Abb. 24). Die Prismen bestehen auch hier aus Materialien von unterschiedlicher Schluckfähigkeit; ihre verschiedenen Typen erlauben jedoch eine bessere Anpassung an die Tonhöhenkurve der Nachhallzeit. Die dem Innenraum zugekehrte Fläche zeigt sich eben, wie es aus architektonischen Gründen erwünscht sein kann. Ein derartiger Aufbau würde sich vorteilhaft an der Decke verwenden lassen.

Ein Sendesaal[22]), der in neuester Zeit von einer akustischen Wandelbarkeit weitgehend Gebrauch macht, sei abschließend wiedergegeben (Abb. 25). Er besitzt ein Volumen von 3000 m³ Inhalt und ein Nachhallregelsystem, das mit 47 sechsseitigen Prismen von 80 cm Durchmesser und 4,5 m Höhe auf die Schallschluckung einwirkt. Die Prismen zeigen drei Flächen aus stark lackiertem Holz und drei Flächen mit stark schluckendem Belag. Die Glieder sind selbsttätig durch einzelne Motore

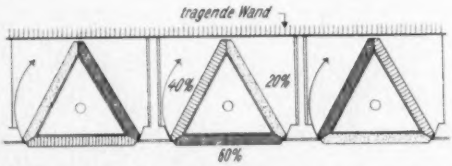


Abb. 24. Prismen aus Flächen mit unterschiedlicher Schluckung

[21]) W. C. SABINE, Collected papers on acoustics, Cambridge 1922, Harvard University, Press.

[22]) J. DIONGRE, La maison de l'Institut National de Radiodiffusion à Bruxelles. La technique des Traveaux, 1939, S. 73.

zu verändern, so daß eine völlige akustische Umstellung in 35 sec erreicht werden kann.

Das Studio ist für Konzertübertragungen vorbehalten, sowie für Operettenhörspiele unter Mitwirkung von Orchester und Gesangssolisten. Die Vorrichtung bezweckt für diese verschiedenen Darbietungsarten optimale Nachhallbedingungen zu erzeugen, und erlaubt bei der Größe des Raumes die durch unterschiedliche Besetzung veränderte Schluckung auszugleichen.

Dem Auge des Beschauers zeigt sich der Raum in einer wohlgeordneten Erscheinungsform. Über dem mit einem Gesims abgeschlossenen, lebhaft gegliederten Sockel baut sich logisch das Prismensystem auf. In seiner schlichten doch zweckvollen Form entspricht der Raum der schönheitlichen Auffassung unserer Zeit.

Abb. 25. Nachhallregelung eines Sendesaales mit Hilfe des Prismensystems

Im Hinblick auf die raumakustischen Grundlagen galt dieser Abschnitt dem Zweck, an Hand bestehender oder geplanter Beispiele das Wesen von Nachhallregelsystemen klarzustellen. Aus dem konstruktiven Aufbau und dem verwendeten Material entstanden Lösungen mannigfacher Gestalt, deren akustischer Einfluß und schönheitliche Form beurteilt wurden.

IV. Raumakustische Wandelbarkeit und ihre akustische Wirkung

Um die Wirkung einer raumakustischen Wandelbarkeit rechnerisch zu ergründen, hat der Verfasser eine Studie zu einem mit Zylinderregelsystem ausgestatteten Raum entworfen (Abb. 26—27).

Die Anforderungen, die sich bezüglich der Hörsamkeit ergaben, waren verschieden je nach der Art der Darbietung. Als Programm war ein Raum angenommen, der etwa 1500 Personen Sitzgelegenheit bietet. Als Darbietungen sollte er nicht nur Chor, Orgel, Einzelgesang und Orchester zu bester Wirkung bringen, sondern darüber hinaus auch Tonfilmvorführungen und Sprechvorträge. Dieser universelle Verwendungszweck war beim Aufbau wie auch in der Ausgestaltung zu berücksichtigen. Der Begriff „Zuhörerraum" erfaßt sein Wesen wohl am genauesten, ist neutral in bezug auf die Darbietungsart und verursacht keine Vergleiche von üblichen Räumen mit der Eigenart der hier gefundenen Lösung.

Zahlreich waren die Vorbedingungen, die im Hinblick auf das Programm zu erfüllen waren. Zunächst galt es den Luftinhalt in geeigneter Größe zu bestimmen. Er beträgt etwa 13000 m³. Bei einer Besucherzahl von 1424 Personen entfällt auf jede derselben ein Anteil von rd. 9 m³. Dieser Wert wurde so groß gewählt, um mit Hilfe des Zylindersystems möglichst unterschiedliche Nachhallzeiten und damit eine möglichst große Regelspanne zu erzielen.

Die Sitzreihen im Parkett sind entsprechend den diesbezüglich errechneten Werten nach hinten stärker ansteigend angeordnet, so daß auch diese Plätze von den Schallwellen gut erreicht werden. Architektonisch schien es zweckmäßig, das Musikpodium möglichst in den Zuhörerraum einzubeziehen. Die Verwendung als Lichtspielhaus erzwang jedoch durch den erforderlichen Vorhang und die Bildwand eine gewisse Trennung beider Raumteile (Abb. 28). Die Orgel wurde hinter einem Gitter über dem Orchester angebracht, so daß ein guter Zusammenklang beider Schallquellen möglich ist. Der Bühnenraum kann auch durch eine hölzerne Schallwand völlig abgetrennt werden, so daß der Sprechschall eines Vortragenden durch diesen Raumteil keinen Energieverlust erleidet, sondern ausschließlich im Zuhörerraum nutzbar wird.

Die Raumform ist so angenommen, daß die sich ergebenden Rückwürfe die Schallenergie im hinteren Teil des Saales zu verstärken helfen. Seitenwände und Decke erhielten unter diesem Gesichtspunkt ihre Gestalt. Die Balkonunterfläche wirft durch ihre Schrägneigung die Schallstrahlen in die Logen und verbessert damit erheblich die Hörsamkeit dieser Plätze. Die Umwege der erstmaligen Schallrückwürfe sind kleiner als 12 m. Ihr zeitlicher Unterschied

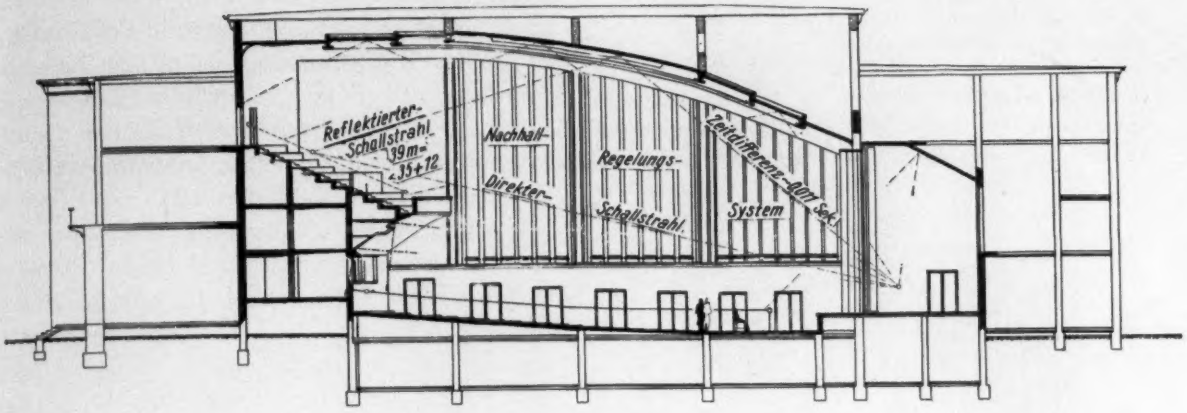


Abb. 26

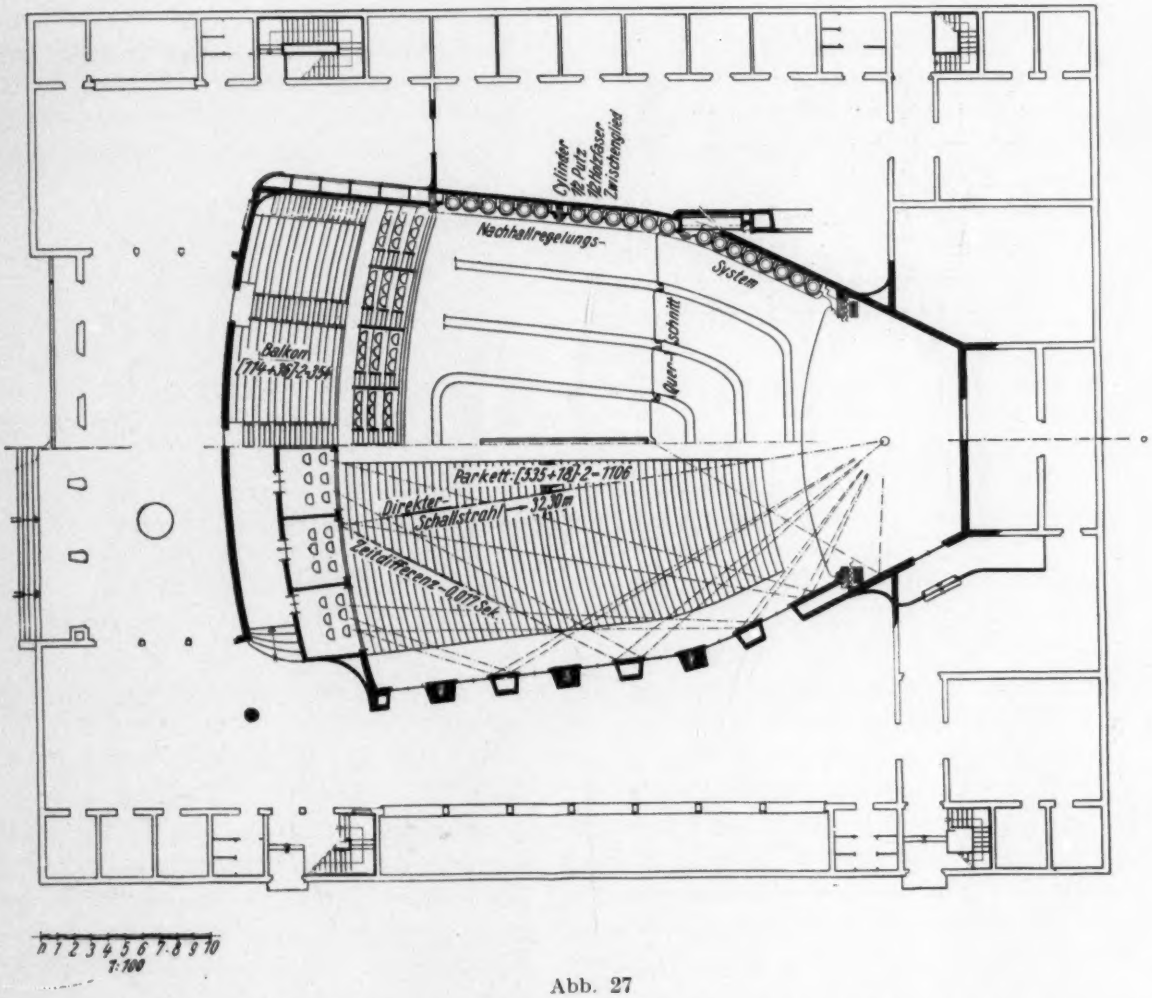


Abb. 27

Abb. 26 und 27. Studie zu einem akustisch wandelbaren Raum

gegenüber dem unmittelbaren Schallstrahl ist daher so gering, daß auch für Sprache keine Klangverwischung zu befürchten ist.

Unter dem Balkon ist ein Raum für den Bildwerfer vorgesehen, der bei dieser Art der Anordnung einen günstigen Projektionswinkel aufweist. Die Steigung des Balkons wurde so groß gewählt, daß keine Sichtbehinderung durch Vordermänner eintritt.

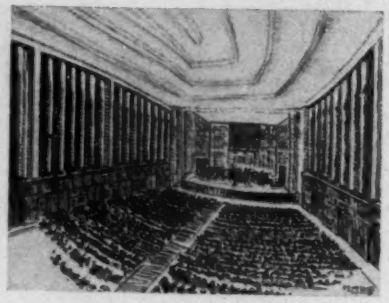


Abb. 28. Innenansicht eines wandelbaren „Zuhörerraumes"

Jeder Teil des Raumes erhielt die seinem Wesen entsprechende Ausstattung. Für den Orchesterraum, als schallgebenden Teil, wurde eine reichliche Verwendung von Holz in Aussicht genommen. Beim Balkonteil, der den Schall empfängt, wurde auf stärkere Schluckung Wert gelegt. Die zwischen beiden Raumteilen verbleibende Fläche der Seitenwände oberhalb der hölzernen Sockelvertäfelung verblieb für das Nachhallregelsystem.

Der Einbau des Zylindersystems ist aus dem Grundriß (Abb. 26) und aus dem in den Balkonschnitt eingezeichneten Querschnitt ersichtlich. In der Absicht, die Nachhallzeiten möglichst unterschiedlich zu erhalten, ist geplant, die eine Hälfte des Zylinders mit Hartputz oder hartgepreßten Platten und die andere mit einer Holzfaserplatte zu versehen. Die laut baupolizeilicher Vorschrift benötigten Türen erlaubten das Zylindersystem erst oberhalb eines Sockelgesimses beginnen zu lassen. Eine Skizze[1], die allerdings von einer etwas anders gearteten Lösung stammt, möge die Anordnung noch etwas näher veranschaulichen (Abb. 29).

Das Raumprogramm erforderte auch in architektonischer Hinsicht völlig neue Lösungen. Galt es doch, unter Berücksichtigung der akustischen Bedingungen auch die Raumstimmung an die Darbietung anzupassen, ohne allzusehr mit überlieferten Vorstellungen in Widerspruch zu treten. Die Stimmung, die in dem Zuhörerraum bei seiner Verwendung als Konzertsaal herrscht, ist naturgemäß eine andere als bei Tonfilmvorführungen oder wissenschaftlichen Vorträgen. Diese Tatsache ließ es zweckmäßig erscheinen, auch eine völlige Wandlung des Raumeindrucks anzustreben. Die Leuchtrinnen an der Decke (Abb. 27) mit ihren verschiedenfarbigen Beleuchtungen können dazu wirkungsvoll beitragen. Die in Hartputz oder dergleichen hergestellten Seiten der Halbzylinder würden in geeigneten Farbtönen zu halten sein, um gemeinsam mit der übrigen Holzausstattung den Eindruck eines Konzertsaales zu erzeugen. Die mit Holzfaserplatten bekleideten Seiten der Halbzylinder, die eine Verwendung des Raumes für Tonfilmvorführungen ermöglichen, würden beizutragen haben, den Raum farbenfreudiger zu stimmen. Die wirtschaftlichere Ausnutzung eines derartigen Raumes

Abb. 29. Ansicht des Zylindersystems

rechtfertigt den erforderlichen geldlichen Mehraufwand.

Nachdem alle Maßnahmen bezüglich Raumform, Raumgröße und Ausstattung getroffen wurden, die das Programm erforderte, war es möglich, die so festgelegten akustischen Verhältnisse rechnerisch nachzuprüfen. Die an der Ausstattung beteiligten Materialien müssen so gegeneinander abgewogen sein, daß die Nachhallzeiten des geplanten Raumes mit den für diese Raumgröße geeigneten Nachhallzeiten

übereinstimmen. Nach einigen Verbesserungen gelingt dieses meist ohne größere Schwierigkeiten.

Angemessene Nachhallzeiten für verschiedene Verwendungszwecke des Entwurfes bei einer Tonhöhe von 512 Hz (Prof. MICHEL) sind nach Abb. 3—4 folgende:

Ohne Besetzung	3,3 sec
$^1/_3$ Besetzung	2,6 „
Volle Besetzung	1,7 „

Im letzteren Fall kann bei genauerer Betrachtung in nachfolgender Weise unterschieden werden.

Orchester (+ 15%)	1,9 sec
Chor (+ 40%)	2,3 „
Tonfilm (— 15%)	1,5 „
Sprache	1,0 „

Die Nachhalldauer, welche für die jeweilige Darbietungsart die beste Hörsamkeit gewährleistet, wird als das Optimale[23]) des Raumes bezeichnet. Dieser subjektive Wert ist in Anbetracht der Veränderung der Schluckung durch anwesende Personen in akustisch guten Räumen bei etwa neun Zehntel der Vollbesetzung[5]) zu erwarten.

Die voraussichtliche Nachhalldauer, die in dem Zuhörerraum auftreten wird, wurde zunächst nach der JÄGER-SABINEschen Formel[24]) errechnet.

$$t_{(sec)} = \frac{0{,}164 \cdot V\,(m^3)}{S} \qquad S = \Sigma f \cdot a.$$

Die Gesamtschluckung S, als Summe der Teilschluckungen der Ausstattung, ergab sich aus dem Produkt Fläche mal Schluckzahl. Die für die letztere jeweils geltenden Werte stehen insofern nicht eindeutig fest, als die in verschiedenen Instituten gewonnenen Schluckzahlen[25]) teilweise gewisse Abweichungen voneinander zeigen. Wünschenswert wären noch diesbezügliche Untersuchungen am werdenden und am fertigen Bau.

Die erwähnte Abweichung ist erklärlich, da die Meßwerte nicht nur vom Gefüge und der Dicke, sondern auch von der Befestigungsart und dem Anbringungsort, sowie von der Feldgröße und Form des Materials abhängen und dazu noch mit unterschiedlichen Apparaturen gewonnen werden. Immerhin liegen brauchbare Mittelwerte fest.

Eine gute Übereinstimmung der rechnerischen Ergebnisse mit örtlich gewonnenen Messungszahlen wurde von E. MEYER[7]) bei Benutzung der Formel von MILLINGTON erzielt. Letzterer setzt in die JÄGER-SABINEsche Formel den Schluckkoeffizienten $S = \Sigma[f \cdot -\ln(1-a)]$ anstatt $S = \Sigma f \cdot a$ ein.

Es wurde daher im vorliegenden Fall jede Rechnung auch unter Verwendung dieses Ausdrucks durchgeführt. Von den Berechnungen sind zwecks Raumersparnis hier nur die Ergebnisse aufgeführt. In der diesbezüglichen

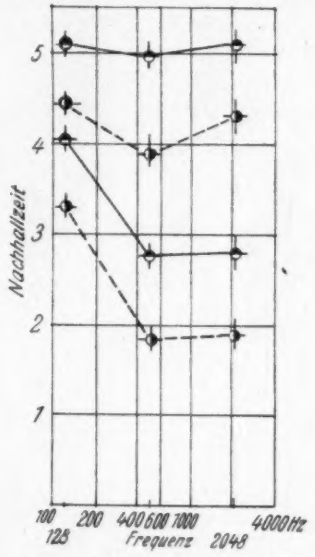


Abb. 30. Nachhallzeiten des leeren Raumes mit Zylindersystem

Tabelle (Tab. 1) sind die Ausstattungsmaterialien benannt und ihre Schluckwerte für drei verschiedene Tonhöhen ermittelt. Durch Abwandlung der Raumausstattung wurde, wie die Zusammenstellung (Tab. 2) zeigt, die Einwirkung derselben auf Schluckung und Nachhallzeit gefunden und bei jeder der acht Untersuchungsreihen die Wirkung des Regelsystems festgestellt.

Zur besseren Veranschaulichung wurden die Ergebnisse auch als Kurvenbilder gezeichnet (Abb. 30—37).

[23]) J. BIEHLE, Das Optimale des Raumes, Z. Die Musik, H. 8, 1940.

[24]) E. MICHEL, Raumakustisches Merkblatt 1939, Verlag Curt R. Vincenz.

[25]) E. MICHEL, Wege der Raumakustik, Z. Forschungen u. Fortschritte, Nr. 32/33, 1940.

Tabelle 1. Zusammenstellung der Ausstattungsmaterialien und ihrer Schluckfähigkeit in bezug auf verschiedene Tonhöhen

Material	Schwingungszahl	128 Hz		512 Hz		2048 Hz	
	f (m^2)	a	$f \cdot a$	a	$f \cdot a$	a	$f \cdot a$
		$-\ln(1-a)$	$f \cdot [-\ln(1-a)]$	$-\ln(1-a)$	$f \cdot [-\ln(1-a)]$	$-\ln(1-a)$	$f \cdot [-\ln(1-a)]$
Putzflächen	1243	0,03	37,3	0,03	37,3	0,04	49,7
		0,03	37,8	0,03	37,8	0,04	50,7
Holzflächen	740	0,09	72,5	0,10	74,0	0,08	60,7
		0,10	76,2	0,10	77,7	0,08	63,6
Holz d. Fußboden, Parkett	118	0,03	42,5	0,10	11,8	0,10	11,8
		0,04	53,1	0,11	13,0	0,11	13,0
Balkon	570	0,04	22,8	0,06	34,2	0,10	57,0
		0,04	22,8	0,06	34,2	0,11	62,7
Bühne	403	0,36	145,1	0,10	40,3	0,10	40,3
		0,45	181,4	0,11	44,3	0,11	44,3
10% Abzug Stuhlabschirmg.	(502)	0,36	18,0	0,10	5,0	0,10	5,0
		0,45	22,5	0,11	5,5	0,11	5,5
Zuschlag für Kokosläufer	(178)	0,08	14,2	0,17	30,3	0,30	53,4
		0,08	14,8	0,18	33,2	0,45	81,3
Balkon-, Seiten- u. Rückwand. Holzfaserplatte u. Stoff	307	0,20	61,4	0,63	191,3	0,50	153,5
		0,22	67,5	1,05	297,1	0,69	211,8
Orgelöffnung	20	0,12	2,4	0,25	5,0	0,38	7,6
		0,13	2,6	0,28	5,8	0,48	9,6
Logenfenster	32	1,00	32,0	1,00	32,0	1,00	32,0
		1,00	32,0	1,00	32,0	1,00	32,0
Zylinder S_{min} Hartputz	460	0,01	4,6	0,01	4,6	0,01	6,9
		0,01	4,6	0,01	4,6	0,01	6,9
Zylinder S_{max}	(460)	0,25	115,0	0,73	335,8	0,74	340,4
Holzfaserplatte		0,38	178,5	1,30	602,1	1,34	619,6
Gestühl I	1352	0,28	378,6	0,28	378,6	0,34	465,0
Polster		0,32	444,2	0,32	444,2	0,42	570,0
Gestühl Ia	72	0,13	9,4	0,14	10,7	0,06	4,8
Leder		0,13	10,0	0,16	11,6	0,06	4,9
Summe I + Ia			387,9		389,3		469,8
			454,2		454,2		574,9
Gestühl II	(1424)	0,01	25,6	0,02	31,3	0,03	49,8
Holzklappstuhl		0,01	25,9	0,02	31,7	0,03	50,7
Summe Personen	(1424)	0,32	458,5	0,44	626,6	0,46	655,0
		0,38	553,4	0,58	825,7	0,61	877,5
Musiker	(55)	0,32	17,7	0,44	24,2	0,46	25,3
		0,38	21,4	0,58	32,0	0,61	34,9
Abzug Bühne	396	0,09	38,8	0,10	39,6	0,08	32,4
		0,10	40,1	0,10	41,6	0,08	34,0
nebst Orgelöffng.	20	0,12	2,4	0,25	5,0	0,38	7,6
		0,13	2,6	0,28	5,8	0,48	9,6
			41,2		44,6		40,0
			42,7		47,4		43,6
Sprechschallwand, Holz	137	0,09	13,4	0,10	13,7	0,08	11,2
		0,10	14,1	0,10	14,4	0,08	11,7
Bühnenvorhang, Stoff	137	0,05	6,9	0,23	31,5	0,30	41,1
		0,05	7,0	0,26	35,8	0,35	48,9

Tabelle 2. Abwandlungen der Raumausstattung und die Einwirkung auf Schluckung und Nachhallzeit

	Ausstattung	128 Hz $\Sigma f \cdot a$ / $\Sigma[-f \cdot \ln(1-a)]$	128 Hz t	512 Hz $\Sigma f \cdot a$ / $\Sigma[-f \cdot \ln(1-a)]$	512 Hz t	2048 Hz $\Sigma f \cdot a$ / $\Sigma[-f \cdot \ln(1-a)]$	2048 Hz t
I	Raumausstattung, ohne Gestühl oder	421	5,1	431	5,0	420	5,1
	Personen. Zylinder S_{min}	478	4,4	546	3,9	495	4,3
Ia	Raumausstattung, ohne Gestühl oder	531	4,0	762	2,8	753	2,8
	Personen. Zylinder S_{max}	652	3,3	1144	1,9	1107	1,9
II	Raumausstattung und ungepolstertes	428	5,0	457	4,7	464	4,6
	Klappgestühl, ohne Personen. Zyl. S_{min}	481	4,4	573	3,7	540	4,0
IIa	Raumausstattung und ungepolstertes	539	4,0	788	2,7	798	2,7
	Klappgestühl, ohne Personen. Zyl. S_{max}	655	3,3	1170	1,8	1153	1,9
III	Raumausstattung mit ungepolstertem	581	3,7	666	3,2	683	3,1
	Klappgestühl und $\frac{\Sigma}{3}$ Personen. Zyl. S_{min}	666	3,2	848	2,5	832	2,6
IIIa	Raumausstattung mit ungepolstertem	691	3,1	997	2,1	1016	2,1
	Klappgestühl und $\frac{\Sigma}{3}$ Personen. Zyl. S_{max}	840	2,5	1445	1,5	1445	1,5
IV	Raumausstattung ohne Personen, jed.	808	2,6	820	2,6	889	2,4
	mit Polstergestühl. Zylinder S_{min}	932	2,3	1001	2,1	1070	2,0
IVa	Raumausstattung ohne Personen, jed.	919	2,3	1151	1,9	1223	1,8
	mit Polstergestühl. Zylinder S_{max}	1106	1,9	1598	1,3	1682	1,3
V	Raumausstattung mit Polstergestühl	865	2,5	899	2,4	951	2,2
	und $\frac{\Sigma}{3}$ Personen. Zylinder S_{min}	965	2,2	1124	1,9	1170	1,8
Va	Raumausstattung mit Polstergestühl	976	2,2	1230	1,7	1285	1,7
	und $\frac{\Sigma}{3}$ Personen. Zylinder S_{max}	1139	1,9	1723	1,2	1783	1,2
VI	Raumausstattung und Summe	879	2,4	1057	2,0	1075	2,0
	der Personen. Zylinder S_{min}	1031	2,1	1372	1,6	1372	1,6
VIa	Raumausstattung und Summe	990	2,2	1388	1,5	1408	1,5
	der Personen. Zylinder S_{max}	1205	1,8	1970	1,1	1985	1,1
VII	Raumausstattung und Summe der	897	2,4	1081	2,0	1100	1,0
	Personen und 55 Musiker. Zyl. S_{min}	1053	2,0	1404	1,5	1407	1,5
VIIa	Raumausstattung und Summe der	1007	2,1	1413	1,5	1433	1,5
	Personen und 55 Musiker. Zyl. S_{max}	1227	1,8	2002	1,1	2020	1,1
VIII	Raumausstattung u. Summe d. Pers.,	838	2,6	1013	2,1	1035	2,1
	jedoch ohne Bühnenraum, dafür Sprech-						
	schallwand. Zylinder S_{min}	1003	2,1	1339	1,6	1340	1,6
VIIIa	Raumausstattung u. Summe d. Pers.,	948	2,3	1344	1,6	1368	1,6
	jedoch ohne Bühnenraum, dafür Sprech-						
	schallwand. Zylinder S_{max}	1717	1,8	1937	1,2	1953	1,1

Die voll ausgezogenen Kurven ergaben sich unter Verwendung der Schluckzahl nach SABINE. Die gestrichelt gezeichneten, stets etwas kleineren Werte entstehen durch Benutzung des Koeffizienten nach MILLINGTON. Die oberste Kurve in beiden Ergebnissen zeigt die Wirkung des Zylindersystems, wenn es dem Zuhörerraum die Hartflächen zuwendet. Diese Nachhallzeiten verkleinern sich und werden zu den jeweils zu unterst dargestellten, wenn an ihre Stelle die Holzfaserplatten getreten sind.

Die Untersuchungsreihe I (Tab. 2, Abb. 30) bezieht sich auf eine Ausstattung, wie sie aus den Abb. 26 und 27 ersichtlich sind. Gestühl und Kokosläufer wurden jedoch noch nicht eingebracht und auch die Schluckung durch Personen hat an dieser Berechnung noch keinen Anteil. Das Nachhallregel-

system zeigt dem Raum die Hartputzflächen. Seine Wirkung ist damit auf das Mindestmaß beschränkt (S_{min}). Die nach JÄGER-SABINE errechnete voraussichtliche Nachhalldauer ergibt einen Wert von rd. 5 sec und zwar etwa gleichbleibend für die drei untersuchten Tonhöhen.

Wendet man dem Raum die mit Holzfaserplatten versehenen Seiten der Halbzylinder zu, so zeigt sich eine erhebliche Einwirkung. Für die Tonhöhe von 512 Hz beträgt die Vermehrung der Schluckung 331,2 m² freie Öffnung, die Nachhalldauer sinkt um rd. 2 sec und beträgt lt. Ia nunmehr 2,8 sec. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich auch für 2048 Hz, während bei der tiefen Frequenz von 128 Hz die Nachhallzeit nur um rd. 1 sec vermindert wird und noch 4,0 sec beträgt.

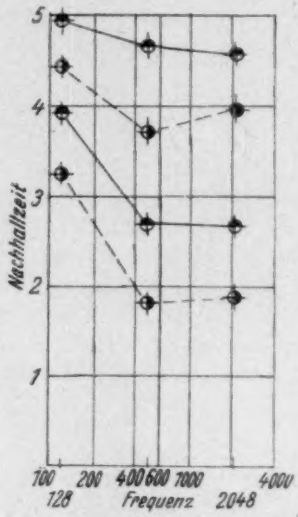


Abb. 31. Nachhallzeiten des mit hölzernem Klappgestühl versehenen unbesetzten Raumes mit Zylindersystem

eine geringere Absorption auf, als für die höheren. Die Vermehrung der Gesamtschluckung beträgt, nachdem der Anteil der mit Stühlen bedeckten Fußbodenfläche wegen der Abschirmung um 10% vermindert wurde, z. B. für 512 Hz nur 26 m² freie Öffnung. Entsprechend gering ist ebenfalls die Einwirkung dieser Stuhlausstattung auf die Nachhallzeiten. Auch die Regelspannen zeigen noch etwa das gleiche schon erörterte Ergebnis.

Bei der Untersuchungsreihe III ist die Bestuhlung des Saales zu ein Drittel mit Zuhörern besetzt angenommen, um die raumakustische Bedeutung von anwesenden Personen klarzustellen (Abb. 32). Durch sie wird die Gesamtschluckung des Raumes für 512 Hz erneut um 209 m² freie Öffnung vergrößert. Trotz geringer Besetzung beträgt diese Absorption z. B.

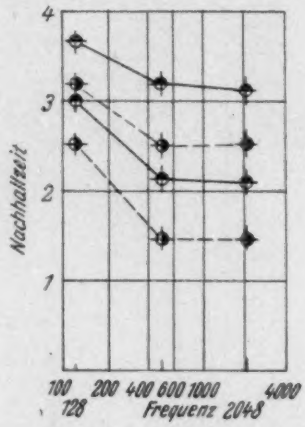


Abb. 32. Nachhallzeiten des mit hölzernem Klappgestühl versehenen drittelbesetzten Raumes mit Zylindersystem

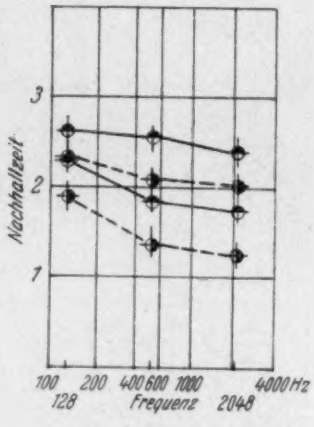


Abb. 33. Nachhallzeiten des mit Polstergestühl versehenen unbesetzten Raumes mit Zylindersystem

Die gewonnenen Werte sind bezeichnend für die Einwirkung eines porigen Schallschluckers, dessen größte Regelspannen oberhalb von 500 Hz liegen und sich nach den tieferen Tönen verkleinern. Klanglich betrachtet würde der Raum bei der letzteren Einstellung einen dumpferen Eindruck vermitteln, da die höheren Töne stärker geschluckt werden. Die gestrichelten Kurven zeigen, wie schon erwähnt, die etwas niedriger liegenden Werte unter Verwendung der MILLINGTONschen Formel.

Die Raumausstattung der Untersuchungsreihe II stimmt mit der vorangegangenen überein (Abb. 31). Ihre Schluckwirkung wurde jedoch um 1424 Stück hölzerne Klappstühle vermehrt und die Nachhallzeit dadurch entsprechend vermindert. Die Schluckzahlen[5]) des Klappstuhls, dessen Sitz und Lehne aus Sperrholz besteht, weisen für die tieferen Tonlagen bereits das Achtfache des gesamten Holzgestühls. Die Nachhallkurve sinkt erneut ab, und zwar den Schluckzahlen der Personen gemäß für größere Tonhöhen entsprechend stärker.

Laut Formel ergibt sich die Nachhallzeit aus dem Verhältnis Volumen zur Schluckung. Während bei der Untersuchungsreihe IIa der Anteil der wandelbaren Ausstattung an der Gesamtabsorption $\frac{331'}{788}$ rd. 42% betrug, verringert sich dieser für die Untersuchungsreihe IIIa $\frac{331'}{997}$, auf rd. 33%. Die Regelspanne ist daher auf etwa die Hälfte verengt und beträgt für 128 Hz rd. 0,6 sec und für 2084 Hz rd. 1 sec. Die für diesen Besetzungszustand maßgebende angemessene Nachhallzeit von 2,6 sec liegt innerhalb dieser Werte.

Die Untersuchungsreihe IV sieht an Stelle des Holzgestühles solches mit Polsterung vor (Abb. 33). Diese Stuhlausstattung und die daraus sich ergebende Schluckung läßt die Nachhallkurve in der angegebenen Weise absinken. Mit einer Schluckung von 289 m² freier Öffnung bei 512 Hz ist die Wirkung dieses Gestühls gut 12mal so groß als die des zunächst verwendeten. Die Regelspanne beträgt für diese Tonhöhe noch 0,7 sec und der Anteil der wandelbaren Schluckung lt. IVa rd. ?0%.

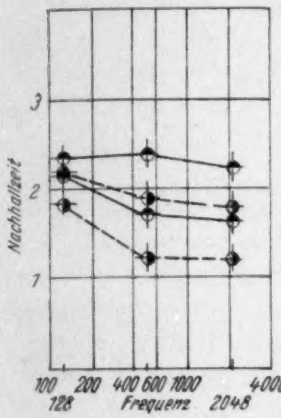


Abb. 34.

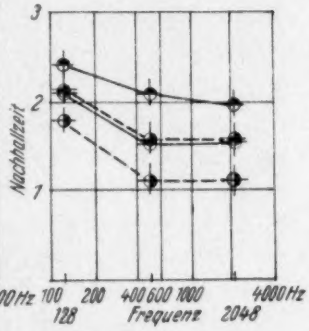


Abb. 35.

Abb. 34. Nachhallzeiten des mit Polstergestühl versehenen drittelbesetzten Raumes mit Zylindersystem

Abb. 35. Nachhallzeiten des mit Polstergestühl versehenen vollbesetzten Raumes mit Zylindersystem

Polsterstühle vermögen in raumakustischer Hinsicht in gewissem Maße anwesende Personen zu ersetzen, und damit die aus unterschiedlicher Besetzung sich ergebende Veränderung der Nachhallzeit auszugleichen. Ein Regelsystem vermag bei einem Aufbau wie Abb. 6 sich auch auf die tieferen Tonlagen auszuwirken.

In der Untersuchungsreihe V ist das gleiche Polstergestühl zu einem Drittel mit Personen besetzt angenommen und ermöglicht eine vergleichende Betrachtung mit der Teilbesetzung des Holzgestühls (Abb. 34). Die rechnerischen Ergebnisse entsprechen den akustischen Verhältnissen, wenn von der Personen- und der Stuhlschluckzahl zunächst die Differenz gebildet wird. Die Gesamtschluckung einer derartigen Ausstattung ist dann nur um das Produkt Personenzahl mal Schluckzahlendifferenz zu vergrößern. Die Regelspannen haben sich unter dem geschilderten Einfluß erneut vermindert. Sie betragen für 128 Hz nur noch 0,3 sec, vergrößern sich für 512 Hz auf 0,7 sec und zeigen bei 2048 Hz den Wert 0,5 sec. Diese Verhältnisse ergeben sich, weil die wandelbare Absorption nur noch mit 27% auf die Wahrnehmbarkeitsdauer des Schalles einwirkt.

Die zu Beginn dieses Abschnittes aufgestellten angemessenen Nachhallzeiten unterscheiden, entsprechend der Art der Darbietung, verschiedene Werte für die Vollbesetzung, wie sie die Untersuchungsreihe VI vorsieht (Abb. 35). Für die Tonhöhe von 512 Hz verlangte der Tonfilm mit 1,5 sec die kü zeste und der Chor mit 2,3 sec die längste Nachhallzeit. Der erforderlichen Regelspanne von von 0,8 sec steht immerhin noch eine solche von 0,5 sec gegenüber. Die Tilgung des Schalles durch 1424 Personen läßt nur einen Nachhall von höchstens 2,0 sec auftreten. Während getragener Chor und harmonische Orgelmusik bei längeren Nachhallzeiten besser zur Wirkung kommen, bevorzugen der lebhaftere Chor und z. B. Orgelmusik von Bach, nicht zuletzt auch die Sprache, geringere Werte[23]). Vergleicht man die erzielten raumakustischen Verhältnisse, so zeigt sich im besetzten Zustand eine gewisse Ahnlichkeit mit der Philharmonie[11]) in Berlin (Abb. 7).

Die Ergebnisse veranschaulichen, daß sich bei der Größe des Regelsystems von 460 m², seiner wandelbaren Schluckung von 331 m² freie Öffnung, und der gewählten Raumgröße bei Vollbesetzung noch keine erheblichen Regelspannen erzielen lassen. Die Ursache ist die starke Personenschluckung. Ihr Anteil an der Gesamtabsorption beträgt rd. 45% gegenüber einem wandelbaren Anteil von rd. 24%.

Für Orchesterdarbietungen ist die Einwirkung der Musiker nebst Instrumenten zu berücksichtigen. Diese ist in der Untersuchungsreihe VII enthalten

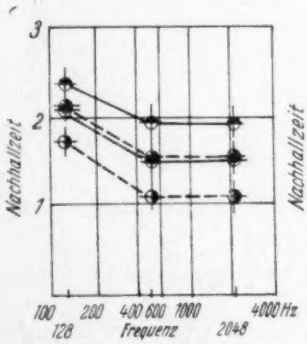


Abb. 36

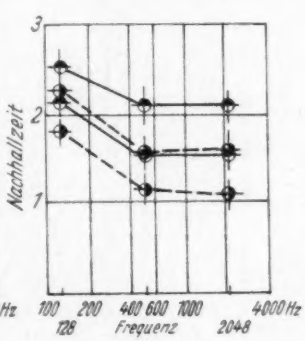


Abb. 37

Abb. 36. Nachhallzeiten des Raumes wie vor, einschließlich Orchesterbesetzung

Abb. 37. Nachhallzeiten wie vor, nach Abschaltung der Orchesterbühne

(Abb. 36). Ein Vergleich zeigt, daß die Veränderungen der Nachhallzeiten nur gering sind.

Um einen zweckmäßigen Rückwurf des Sprechschalls zu erzielen, wurde vorgesehen, den Orchesterraum durch eine hölzerne Wand abzutrennen. Der Luftinhalt des Saales verkleinert sich dann um 900 m³ und beträgt somit noch 12100 m³. Gleich-

zeitig verringern sich jedoch auch die schluckenden Flächen. Die Untersuchungsreihe VIII ergibt, daß dieser Eingriff die Nachhallzeiten ein wenig vergrößert (Abb. 37). Bei voller Besetzung beträgt der Anteil der Personenschluckung an der des gesamten Raumes rd. 45% gegenüber einem wandelbaren Anteil von rd. 24%.

Bemerkt sei zu den sämtlichen vorstehenden Untersuchungen, daß der Anteil der wandelbaren Ausstattung sich noch vergrößern läßt, wenn die Decke ebenfalls wandelbar hergestellt wird, etwa nach dem vorgeschlagenen Prismensystem (Abb. 24).

Vergleiche mit Räumen verschiedenen Luftinhaltes zeigen, daß die Bestuhlung und anwesende Personen meistens einen größeren Betrag ausmachen als die Dämpfungswerte aus Decke und Wänden. Er beläuft sich je nach Raumgröße auf > 60%. Bei dem vorliegenden Zuhörerraum ist dieser Anteil durch reichliche Bemessung des Luftanteils je Person günstig vermindert.

Im ganzen führen die Untersuchungen dieses Abschnittes zu folgendem Ergebnis:

Regelsysteme gestatten, entsprechend ihrem Anteil an der Gesamtschluckung eines Raumes, die Nachhallzeiten wirkungsvoll zu verändern. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, verschiedenartige klangliche Darbietungen zu jeweils günstiger Wirkung zu bringen.

V. Raumakustische Wandelbarkeit und ihre praktische Anwendung

Für die praktische Anwendung der erörterten Nachhallregelsysteme lassen sich zwei große Gebiete aufzeigen.

Das erste sind Räume, bei denen der Nachhall und die akustischen Verhältnisse auf alle Fälle ungeändert erhalten bleiben sollen, wenn anwesende Personen, Gegenstände oder Einbauten usw. wechseln. Dies betrifft vorwiegend die Gruppe der Sendesäle und Schallplattenaufnahmeräume, die im Abschnitt III behandelt wurden, sowie die Tonfilmstudios. Hier vermögen derartige Einrichtungen ausgleichend zu wirken.

Das zweite Gebiet ist der Raum mit verschiedenartigen akustischen Verwendungszwecken, bei denen ein dem jeweiligen Fall sich anpassender Nachhall erwünscht ist. An dieser Stelle wäre vor allem das Lichtspielhaus mit Kleinkunstvorträgen zu nennen, also ein Raum, der sowohl Tonfilm als auch Originalmusik und -gesang zu guter Wirkung bringen soll, wie es der vorliegende Entwurf aufzeigt. In diesem Falle kann der regelnde Einfluß von Wandelbarkeitsvorrichtungen gute Dienste leisten.

Beim Rundfunk treten in dieser Hinsicht auch apparative Hilfsmittel hinzu, um die erforderlichen günstigen Nachhallzeiten zu schaffen, wie z. B. die elektro-akustische Schallmischung mit Hilfe eines Hallraumes, also ähnlich wie die bereits erwähnten Hallräume des Lichtspielhauses Trocadéro in Paris.

Für die Stellung der Aufgabe und für die wertvollen Ratschläge möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. E. Michel an dieser Stelle herzlich danken. *(Eingegangen am 15. August 1941.)*

SCHRIFTTUM

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder vom Verlag angezeigten Bücher sind in allen deutschen Buchhandlungen zu erhalten

H. Lichte u. A. Narath, **Physik u. Technik des Tonfilms,** 381 S. mit 296 Abb. Leipzig 1941. S. Hirzel Leipzig. Br. RM. 24,—, geb. RM. 26,—

Vor einem Jahrzehnt erschien im Verlag von S. Hirzel das von F. Fischer und H. Lichte herausgegebene Buch „Tonfilmaufnahme- und Wiedergabe nach dem Klangfilmverfahren", ein Buch, das in der Fachwelt bestens bekannt wurde.

Die „Physik und Technik des Tonfilms" von H. Lichte und A. Narath verzichtet im Gegensatz zu dem erwähnten älteren Buch bewußt auf eine eingehendere Darstellung der am Rand der Tonfilmtechnik auftretenden Fragen aus der Akustik, Elektroakustik und der Verstärkertechnik und legt statt dessen das Schwergewicht auf die eigentliche Tonfilmtechnik, die eine erschöpfende, durch zahlreiche Schrifttumhinweise belegte Darstellung findet.

Nach einer Einleitung, welche die Aufgabenstellungen weist und historische Bemerkungen enthält, behandelt das Buch im ersten Kapitel kurz die akustischen Grundlagen des Tonfilms. Es folgen Kapitel über Tonaufnahme, Tonwiedergabe, Tonphotographie und praktische Tonfilmherstellung. Das letzte Kapitel des Buches behandelt besondere Verfahren, wie Nadelverfahren, Magnettonverfahren u. a. m. In einem Anhang sind Filmnormen zu-

sammengestellt. Ein sorgsam zusammengestelltes Sachverzeichnis erleichtert die Benutzung des Buches als Nachschlagewerk.

Der mit fast 300 Abbildungen ausgestattete Band kann bestens empfohlen werden; er bietet eine umfassende Darlegung der modernen Tonfilmtechnik.

F. TRENDELENBURG

R. C. Colwell und L. H. Gibson. **Sound Velocities in Gases Under Different Pressures.** J. Acous. Soc. Am. **12** (1941), S. 436.

Die Verfasser beschreiben eine Meßanordnung zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen bei verschiedenen Drucken. In einem Kessel von 1,80 m Länge und 0,56 m Durchmesser befindet sich an einem Ende die Schallquelle, ein Konuslautsprecher. In Achsrichtung des Lautsprechers ist ein Mikrophon verschiebbar angeordnet. Die Verschiebung ist außerhalb des Kessels abzulesen. In der Umgebung des Lautsprechers ist der Behälter mit Watte ausgestopft. Der übrige Teil ist mit kreisförmigen Pappblenden versehen, die mit Watte überzogen sind und in der Mitte ein Loch aufweisen für den Durchgang des Schalles und des Mikrophones. Auf diese Weise werden Reflektionen von den Wänden vermieden. Die dem Lautsprecher gegenüberliegende Wand ist gleichfalls schallschluckend.

Die Messung erfolgt so, daß die am Lautsprecher liegende Wechselspannung gleichzeitig den horizontal ablenkenden Platten eines Kathodenstrahloszillographen zugeführt wird. Die vom Mikrophon gelieferte Wechselspannung liegt an den vertikal ablenkenden Platten. Das Ergebnis soll eine Sinuslinie sein (nach der Beschreibung ist eine Ellipse zu erwarten), die auf dem Schirm wandert, wenn man das Mikrophon bewegt. Man bestimmt die Mikrophonverschiebung, die für eine Auswanderung des Bildes um eine Wellenlänge erforderlich ist.

Es wurden Messungen bei Drucken von 26 bis 176 mm Hg und einer Frequenz von 3000 Hz durchgeführt, deren Ergebnisse in der folgenden Tabelle aufgeführt sind.

Druck in mm Hg	176	151	126	101	76	51	26
Geschw. (m/sec) für Luft	330,92	331,19	331,84	331,97	331,08	331,32	331,58
Geschw. (m/sec) für CO_2	259,56	259,31	259,31	259,56	258,15	257,39	257,39
Geschw. (m/sec) für Stickstoff	335,36	335,94	335,94	337,66	337,21	337,31	337,31

Die angeführten Werte sind auf 0_0 C bezogen. Sie sind jedoch nicht als endgültig anzusehen, da hier besonderes Gewicht auf die Ausbildung eines Meßverfahrens und nicht auf die Meßergebnisse gelegt wurde.

GERHARD BUCHMANN

Akustisches Schrifttum des Jahres 1940

Bearbeitet von **K. Patermann**

Zeitschriften des Jahres 1940

(Fortsetzung)

4. Meßtechnik

Properties of linear systems used in vibration measuring instruments. JOHN D. TRIMMER. J. Acous. Soc. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 127—130.

A sound-track center-line measuring device. F. W. ROBERTS & H. R. COOK. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 1, S. 38—42.

Sound radiometer of resonance type. T. HAYASHI. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 2, S. 32—35.

Schwingungsweiten- und Schwingungsbeschleunigungsmessungen mit Kristallgebern. W. SCHILLING. AEG-Mitt. 1940, Nr. 3/4, S. 86—87.

A new standard volume indicator and reference level. H. A. CHINN, D. K. GANNETT & R. M. MORRIS. Bell. System techn. J. **19** (1940), Nr. 1, S. 94—137.

Prove telefonometriche su impianti di diffusione sonora. A. FERRARI-TONIOLE. Alta Frequ. **9** (1940), Nr. 7, S. 393—405.

A theory of ultrasonic interferometer. P. KRASNOOSHKIN. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **27** (1940), Nr. 3, S. 214—218.

Measurements of noise and vibration. H. H. SCOTT. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 6, S. 284—285, Nr. 10, S. 489.

Wave analyzer. Marconi Ekco Instrument. J. sci. Instrum. **17** (1940), S. 70—71.

The analysis of symmetrical vibrating systems. L. A. PIPES. J. appl. Phys. **11** (1940), Nr. 4, S. 279—282.

Noise analysis. Industr. Heat Engr. **2** (1940), S. 45—47.

Zur Anwendung der Fourieranalyse auf das Problem der Frequenzvervielfachung. M. PONGRATZ. Hochfrequenztechn. **55** (1940), Nr. 1, S. 19—24.

Suchtonanalyse mit mechanischem Bandfilter und hochliegender Trägerfrequenz. G. BUCHMANN. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 1, S. 7—10.

A multi-frequency oscillator for audio testing. J. QUINN. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 5, S. 23—25.

An apparatus for accurate measurements of audiofrequencies. R. B. WELL, W. E. ROSEVEARE & K. SCHAAF. Rev. sci. Instrum. **11** (1940), Nr. 1, S. 39—40.

Ein neues Frequenz-Meßgerät für 25—50 MHz. H. HABERLAND u. H. HAUPT. Hell Tech. Mitt. 1940, Nr. 1, S. 48—50.

Frequency error recording. Electrician, Lond. **124** (1940), Nr. 3223, S. 183—184. Electr. Rev., Lond. **126** (1940), (1940), Nr. 3250, S. 275.

Schwingungsmessung mittels Trägerstrom. F. J. Meister. Z. Geophys. **16** (1940), Nr. 3/4, S. 105—119.

Anzeigende Frequenzmeßgeräte für die Ton- und Hochfrequenztechnik. H. Lübeck. ETZ **61** (1940), Nr. 10, S. 252—255.

Frequenzmessungen von 15 bis 2000 MHz. Trott. Telegr. Prax. **20** (1940), Nr. 6, S. 47—48.

Ricevitori frequenziometri. G. Latmiral. Alta Frequ. **9** (1940), Nr. 4, S. 195—207.

Absolute measurement of sound without a primary standard. W. R. MacLean. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 140—146.

Sound control apparatus for the theater. H. Burris-Meyer. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 122 bis 126.

Sound level meters from the user's viewpoint. P. Hubert & J. M. Whitmore. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 167—172.

Elektroakustische Schalldruck-Messungen der Praxis. M. Gosewinkel u. F. Spandöck. Veröff. Geb. Nachr.-Tech. **10** (1940), Nr. 1, S. 41—44.

Arch. techn. Messen 1940. Lfg. 104, S. T 19—T 20.

Een acoustische spectrograef. Nederl. Tijdschr. Natuurkde. **7** (1940), Nr. 4, S. 124—125.

Verschiedene Kardiophone. G. Giulietti. Elettrotecn. **27** (1940), Nr. 1, S. 14—15.

Die Aufzeichnung kleiner Tonhöhenschwankungen. M. Grützmacher u. W. Lottermoser. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 1, S. 1—6.

Theoretische und experimentelle Untersuchung der Bezugsdämpfung und der Lautstärke. K. Braun, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **29** (1940). Nr. 2, S. 31—37.

Ein neuer Bezugsdämpfungsmesser mit objektiver Erregung und Anzeige. K. Braun. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **29** (1940), Nr. 8, S. 223—227.

Wirkungsweise und Anwendung des Polarkoordinatenoszillographen. H. Lennartz. Funk 1940, Nr. 18, S. 285—288.

Some problems connected with oscillographying electric processes. I. Balygin. J. techn. Phys. (russ.) **10** (1940), Nr. 10, S. 859—863.

Zur Untersuchung aperiodischer Vorgänge mit dem Kathodenstrahloszillographen. K. H. Gäth. Funk 1940, Nr. 18, S. 276—279.

Kreisbahn und logarithmische Spirale im Elektronenstrahloszillograph. K. Nentwig. Funk 1940, Nr. 3, S. 33—36.

Automatic cathode-ray oscillograph. W. L. Gaines. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 5, S. 145—150.

Ein neuer Doppel-Kathodenstrahl-Oszillograph (DKO). K. Berger. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. **31** (1940), Nr. 5, S. 113—119.

Recent advances in the design of cathode-ray oscillographs. P. S. Christaldi. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 5, S. 246.

Arbeitsweise, Besonderheiten und Anwendung des Oszillographen. W. Rentsch. ETZ **61** (1940), Nr. 39, S. 895—898.

Wide range oscilloscope. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 5, S. II, IV, VI.

Die verschiedenen Zeitbasen für Kathodenstrahl-Oszillographen. K. Nentwig. Bastelbr. d. Drahtl. 1940, Nr. 10, S. 155—156.

Effect of air-current and noise on the measurement by interrupted sound wave. T. Hayashi. Nippon electr. Comm. Engng. 1940, Nr. 22, S. 119—123.

ASA acoustical committee proposes study of vibration measurement standards. Ind. Standardiz. **11** (1940), S. 179—180.

Eine Meßanordnung mit direkter Anzeige zur Bestimmung des Klirrfaktors und einzelner Oberwellen. H. Rupp. Elektr. Nachr.-Technik **17** (1940), Nr. 11, S. 247—261.

Sur un stéthoscope à sensibilité et sélectivité variables. H. J. Frossard. C. R., Acad. Sci. Paris **209** (1939), Nr. 20, S. 728—730.

Entwicklung einer optischen Methode zur Messung von Ultraschallabsorptionen in Gasen und Flüssigkeiten. Otto Petersen. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 2, S. 29—36.

Subjektive und objektive Geräuschmessung. H. Kösters. Verh. Dtsch. Phys. Ges. (3) **21** (1940), Nr. 2, S. 48.

An improved sound-level meter. W. Mickelson. General Electric Rev. **43** (1940), Nr. 12, S. 515—517.

Sur la valeur des mesures de bruit. M. P. Baron. Electricité April 1940, S. 77.

Absolute pressure calibration of microphones. R. K. Cook. J. Res. Nat. Bur. Stand. **25** (1940), Nr. 5, S. 489—505.

Sound measurement objectives and sound level meter performance. J. M. Barstow. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 150—166.

Measurement of the noise from aerofoils and streamline wires. W. F. Hilton. Phil. Mag. (7) **30** (1940), S. 237 bis 246.

Noise measurement. Electr. Rev. Lond. **128** (1940), Nr. 329, S. 156—157. Vortrag von Kings Maguire.

An improved apparatus for the direct measurement of the absorption of sound in gases. R. W. Leonard. Rev. sci. Instrum. **11** (1940), Nr. 11, S. 389—393.

Weiterentwicklung des piezoelektrischen Meßverfahrens. S. Meurer. Forsch. Geb. Ing.-Wes. B **11** (1940), Nr. 5, S. 237—245.

Eine neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit und der Bau eines schallgedämpften Raumes. G. Meyer, G. Buchmann u. A. Schoch. Akust. Z. **5** Nr. 6, S. 352—364.

High accuracy heterodyne oscillators. T. Slonczewki. Bell Teleph. System Monogr. B-1244, 14 S. Bell System techn. J. **19** (1940), S. 407—420.

Wisotzky, Winfried. Messung akustischer Widerstände. Dissertation Berlin 1939. (Vgl. Hochfrequenztechn. Bd. **53**.)

5. Raum- und Bauakustik

Wege der Raumakustik. E. Michel. Forsch. u. Fortschr. **16** (1940), Nr. 32/33, S. 378—380.

Some practical aspects of architectural acoustics. V. O. Knudsen. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 375, Nr. 4, S. 383—389.

Standards for sound control. Architect. Rec. **87** (1940), S. 102—103.

Control of sound in buildings. Architect. Rec. **87** (1940), S. 66—73.

Planning functionally for good acoustics. J. P. Maxfield & C. C. Potwin. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 375, Nr. 4, S. 390—395.

Sonic environment. P. E. Sabine. Architect. Rec. **87** (1940), S. 69, 71.

Acoustical investigations of Joseph Henry as viewed in 1940. W. F. Snyder. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 58—61.

Acustica nei teatri ed impianti di correzione e di rinforzo del suono. C. Crescini. Radio e Televisione **5** (1940), Nr. 6, S. 209—218.

Über den Ausgleich akustischer Wellen im geschlossenen Raum. B. Hostinsky. Elektrotechn. Obzor. **29** (1940), S. 269—272.

Variable boundary impedance for room acoustic investigations. R. H. Bolt & R. L. Brown. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 31—38.

Acoustic impedance of commercial materials and the performance of rectangular rooms with one treated surface. Leo L. Beranek. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 379, **12** (1940), Nr. 1, S. 14—23.

On experimental investigation of acoustic feed-back in a closed room. G. M. Suharevsky. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **26** (1940), Nr. 7, S. 638—643.

Non-uniform acoustical boundaries in rectangular rooms. Dah-You Maa. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 39—52.

Sound insulation. K. C. Morrical. Architect. Rec. **87** (1940), S. 72—73.

Die Absorption des Schalles durch dreilagige Resonanzsysteme. V. Nesterov. Z. techn. Phys. (russ.) **10** (1940), Nr. 6, S. 617—626.

Parasitic infestations in acoustical materials. J. W. Brooks. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 375.

Sound diffraction and absorption by a strip of absorbing material. J. R. Pellam. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 396—400.

The adaptation of acoustical materials to auxiliary functions. J. S. Parkinson. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 375—376.

Measurement of impact sound transmission through floors. R. Lindendahl & H. J. Sabine. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 379, Nr. 4, S. 401—405.

Sound prevention mechanism of nonporous materials. Part. I. S. Kawashima. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 75—92.

How to use sound-absorbing materials in air conditioning equipment. P. H. Geiger. Heat. Ventilating **37** (1940), S. 20—22, 42—45.

The absorption of sound by small areas of absorbing materials. J. R. Pellam & R. H. Bolt. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 24—30.

Vibratory characteristics of vibraframe. L. B. Ham & H. T. Darracott. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 333—340.

Messung von Schallschluckstoffen und deren Verwendung zur Dämpfung von Rohren. J. Harmans. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 4, S. 215—231.

Safeguarding theater sound equipment with modern test instruments. A. Goodman, R. J. Kowalski, W. F. Hardman & W. S. Stanko. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 4, S. 409—423.

Über die erforderlichen Schallschluck-Einheiten in Tonfilm-Wiedergaberäumen und deren Nachhallzeiten. K. Weisse. Funktechn. Mh. (1940), Nr. 3, S. 33—40.

L'assorbimento acustico delle persone e l'acustica delle sale. A. Gigli. Alta Frequ. **9** (1940), Nr. 2, S. 103 bis 107. Boll. Centro Volpi elettrologia **3** (1940), Nr. 1, S. 7—13.

Practical application of acoustical correction in university buildings. G. L. Horner. J. acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 375.

Elektro-akustische Einrichtungen im Theater. F. C. Saic. Dtsch. Techn. **8** (1940), Nr. 4, S. 130, 156.

Sound in the theater. H. Burris-Meyer. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 346—351, 380.

Fundamentals of theater acoustics. J. E. Volkmann & K. C. Morrical. Intern. Projectionist **15** (1940), Nr. 4, S. 7—8, 11; Nr. 5, S. 7—8, 11.

The theater standardization activities of the research council of the academy of motion picture arts and sciences. J. K. Hilliard. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **35** (1940), S. 388.

The control of sound in theaters and preview rooms. C. C. Potwin. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), S. 439 bis 440; **35** (1940), Nr. 2, S. 111—125.

Vortragssaal und Sitzungssaal nach raumakustischen Grundsätzen. E. Michel. Dtsch. Bauztg. **74** (1940), Nr. 22, S. 273—275.

Raumakustische Gestaltung und Schallschutz in Rundfunksenderäumen. W. Zeller. Z. VDI **84** (1940), Nr. 42, S. 796.

Acoustics in studios. M. Rettinger. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 6, S. 296—299.

Neuzeitliche Studioanlagen. Rundfunk-Gerät 1940, Nr. 15/16, S. 27—28.

Erweiterungsbau des Radio Studio Zürich. Akustische Arbeiten im Radio Studio Zürich. O. Dürr u. W. Furrer. Schweiz. Bauztg. (1940), Nr. 18, S. 203—212.

Radiostudio air conditioning plant approaches ultimate in sound control; NBC studio in Hollywood. C. Strock. Heat. Ventilating **37** (1940), S. 15—19.

New studios for C. B. S. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 9, S. 23—25.

Motion picture theater developments. M. Rettinger. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 5, S. 524—533.

L'impianto elettroacustico di rinforzo teatro alla Scale. A. Malavasi. Radio Ind. **6** (1940), S. 87—89.

Sound-absorbing properties of some common out-door materials. G. W. C. Kaye & E. J. Evans. Proc. phys. Soc. **52** (1940), Nr. 3, S. 371—379.

Effect of paint on the sound of acoustic materials. V. L. Chrisler. Bur. of Stand., J. of Res. **24** (1940), S. 547 bis 553.

Makowski, Witold H. Die Gestaltung von Räumen nach akustischen Gesichtspunkten. Dissertation Berlin 1937. 76 S.

Skudrzyk, Eugen. Über die Eigentöne von Räumen mit nichtebenen Wänden und über die diffuse Schallreflexion. Dissertation Berlin (1940).

Sul modo di attuare il metodo a interruzioni ritoniche nello studio della riverberazione acustica. A. Sellerio Nouvo Cimento, N. S. **17** (1940), Nr. 3, S. 109—127.

Die Untersuchung der Richtungsverteilung des Schalles in Sälen mittels optischer Modelle. R. Vermeulen. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 11, S. 329—331.

Über die Schallschluckung von Resonatoren. V. L. Jordan. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 2, S. 77—87.

Die Messung winkelabhängiger Schallschluckung in einer zweidimensionalen Hallkammer. H. Neubert. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 4, S. 189—201.

Sound proofing research; boeing development of acoustical laboratory in cooperation with University of Washington Physics Department. K. Martinez. Aero Digest **36** (1940), S. 26—28.

Acoustic impedance and sound absorption. Ph. M. Morse, R. H. Bolt & R. L. Brown. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 2, S. 217—227.

The influence of the mean coefficient of sound absorption on the level of sound. I. L. Rosenberg. J. techn. Phys. URSS **10** (1940), Nr. 19, S. 1634—1638.

The effective values of reverberation. A. M. Kostzov. J. techn. Phys. (URSS) **9** (1940), S. 919—929.

Reverberation. A. Hirayama. Mem. Foc. Engng., Kyushu **9** (1940), Nr. 1, S. 1—62.

Measurement of impact sound transmission through floors. R. Lindahl & H. J. Sabine. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 379; Nr. 4, S. 401—405.

Messung von Schallschluckstoffen und deren Verwendung zur Dämpfung von Rohren. J. Harmans. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 4, S. 215—231.

Nachhallzeit und Dämpfungsmaß bei streifendem Einfall. L. Cremer. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 2, S. 57—76.

On oblique incidence of sound on a resonance absorber. K. Vital. J. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 12, S. 980—987.

What acoustical treatment will and will not do. H. J. Sabine. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 375.

Sound diffraction and absorption by a strip of absorbing materials. J. R. Pellam. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), S. 396—400.

Neubert, H. Die Messung winkelabhängiger Schallschluckung in einer zweidimensionalen Hallkammer. Dissertation Berlin 1940.

6. Schallübertragung und Rundfunk

Le contrôle des transmetteurs de radio-diffusion. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. **31** (1940), Nr. 4, S. 101—104.

Das Röhrenrauschen und sein Anteil am Rauschen einer Schaltung. W. Engbert. Telefunken Mitt. **21** (1940), Nr. 84, S. 49—54.

Valve and circuit noises. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 1055, S. 262—265.

Verfahren, das Rauschen von Elektronenröhren herabzusetzen. J. Gröber. Hochfrequenztechn. **56** (1940), Nr. 6, S. 174—181.

The application of feedback to wide-band output amplifiers. F. A. Everest & H. Johnston. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 2, S. 71—76.

Transient phenomena of feedback amplifiers. Y. Watanabe, S. Okamura & H. Tutiya. Nippon electr. Comm. Engng. (1940), Nr. 19, S. 158—164.

A distortion-free amplifier. P. O. Pedersen. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 2, S. 59—66.

High-gain amplifier for 150 megacycles. G. Rodwin & L. M. Klenk. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 6, S. 257—261.

A direct-current and audio-frequency amplifier. L. J. Black & H. J. Scott. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 6, S. 269—271.

The inverted amplifier. C. E. Wong. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 7, S. 14—16, 55—56.

Distortion in compensated amplifiers. J. D. Trimmer & Y. J. Liu. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 7, S. 22 bis 24, 61—62.

An a. c. operated d. c. amplifier with large current output. S. N. Trevino & F. Offner. Rev. sci. Instrum. **11** (1940), Nr. 12, S. 412—415.

Amplifier characteristics at low frequencies, with particular reference to a new method of frequency compensation of single stages. G. W. Edwards & E. C. Cherry. J. Instn. electr. Engrs. **87** (1940), Nr. 524, S. 178—188.

Applying negative feed-back to a tone-compensated volume control. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 153, S. 501, 527.

Tone control. Proportioning the resistance values. E. D. Powell. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 1062, S. 491.

Nichtlineare Verzerrungen in Verstärkern. S. Mansfeld. Funk **1940**, Nr. 21, S. 321—327.

A wide-band inductive-output amplifier. A. V. Haeff & L. S. Nergaard. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 126—130.

Breitband-Verstärker. H. Pieplow. Arch. techn. Messen **1940**. Lfg. 103, S. 12.

Sulla teoria dell'amplificazione a radiofrequenza. A. Marino. Alta Frequ. **9** (1940), Nr. 2, S. 67—102.

Tuned amplifiers. C. Lockhart. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), S. 221—223.

A universal audio broadcast amplifier. L. C. Sigmon. Commun. **20** (1940), Nr. 4, S. 14—15, 37.

Some methods of linear rectification. T. Tomituka. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 8, S. 171—172.

Die Verstärkerschaltungen im neuen Studio Zürich. Techn. Mitt. schweiz. Telegr. Verw. **18** (1940), Nr. 2, S. 51—58.

Empfangsgeräte bester Wiedergabe. Funkschau **13** (1940), Nr. 9, S. 135—136.

Nuovi elettroriproduttori applicabili nel campo elettroacustico e per radiodiffusioni musicali senza ripresa con microfono. G. Giulietti. Elettrotecn. **27** (1940), Nr. 9, S. 217—218.

Die Klangregelung im Rundfunkgerät. W. W. Diefenbach. Funkschau **13** (1940), Nr. 8, S. 127—128.

Eine neuartige selbsttätige Lautstärkeregelung. F. Krebs. Funk **1940**, Nr. 9, S. 133—135.

Die Bedingungen für die richtige Arbeitsweise des Dynamikreglers. R. Hildebrandt. Funktechn. Vorwärts **10** (1940), Nr. 22, S. 337—341.

Dynamikregelgerät mit Glühlampe. R. Hildebrandt. Funkschau **13** (1940), Nr. 11, S. 161—163.

Elektrische Bandbreitenregelung durch Änderung des Verstärkungsgrades von Regelröhren. H. Boucke. Funk **1940**, Nr. 23, S. 553—559.

Eine Anwendung der „anti-side-tone" Schaltung. J. Kaufmann. Techn. Mitt. schweiz. Telegr. Teleph. Verw. **18** (1940), Nr. 2, S. 58—61.

Die Wiedergabe von hohen und tiefen Tönen bei Rundfunkempfängern. V. C. Henriquez. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 4, S. 116—122.

Selbsttätige niederfrequente Bandbreitenregelung. H. Baumgartner. Radio-Amateur **17** (1940), Nr. 10, S. 295—302.

Volume expansion with a triode. C. G. McProud. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 8, S. 17—18.

Das klingende Hotel. Vorbildliche Elektroakustik im „Haus Elephant" in Weimar. Funkschau **13** (1940), Nr. 10, S. 148.

Rundfunk im Führerhotel zu Weimar. Vorbildliche Übertragungsanlage. Rundfunk-Gerät 1940, Nr. 15/16 S. 31.

Modulation. I. Physikalische Grundlagen. O. Henkler u. R. Otto. Arch. techn. Messen 1940, Lfg. 111, S. T97 bis T98.

On the modulation loss of ring modulator. Y. Degawa. Nippon electr. Comm. Engng. 1940, Nr. 19, S. 143 bis 147.

A new method of voice modulation. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), S. 30.

On the metal modulator of shunt type and of series type. Y. Degawa. Nippon electr. Comm. Engng. 1940, Nr. 19, S. 139—142.

The theory of ring modulator. Y. Degawa. Nippon electr. Comm. Engng. 1940, Nr. 22, S. 93—100.

Frequency modulation receiver design. R. F. Shea. Commun. **20** (1940), Nr. 6, S. 17—23.

Tone reproduction in television. J. G. Maloff. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 4, S. 441—442.

Modulateur de lumière à ondes ultra-sonores pour télévision. P. Hémardinquer. Techn. mod. **31** (1940), Nr. 21/22, S. 662—663.

Das Modulationssystem der neuen niederländischen 125-kW-Rundfunksenders der „Nozema". K. Posthumus. Philips Sendernachr. **7** (1940), Nr. 3, S. 47 bis 54.

Neuzeitliche Klangregleranordnungen. W. W. Diefenbach. Dtsch. Elektro-Handw. **18** (1940), Nr. 52, S. 424—425.

On noises in secondary electron multipliers. P. Sinitzin. J. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 13, S. 1131 bis 1136.

Beeinflussung der Kurvenform von Vorgängen durch Dämpfungs- und Phasenverzerrung. F. Strecker. Veröff. Geb. Nachr.-Techn. **10** (1940), Nr. 2, S. 1—15.

Auto-transformers in modulation circuits. Thomas A. Gross. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 11, S. 52, 54, 56, 58.

Electro-acoustic reactions. A. F. Starr. Wireless Engr. **17** (1940), S. 247—256, 303—309.

Plastische Klangwiedergabe. K. de Boer. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 4, S. 108—115.

Volume distortion. (Sound reproduced at different level than original.) S. L. Reiches. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), S. 59—75.

Cardiofoni di tipo vario. G. Giulietti. Elettrotecnica **27** (1940), Nr. 1, S. 14—15.

7. Schallübertragung auf Leitungen

Rundfunkübertragungen auf Fernsprechleitungen. H. Ribbeck u. R. Kurtz. Europ. Fernsprechdienst 1940, Folge 55, S. 106—110.

Drahtfunk. E. Espring. Tekn. T (Elektrotechn.), Stockholm **70** (1940), Nr. 27, S. 105—113; Nr. 31, S. 126—132.

Hochfrequenter Drahtrundspruch. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. **31** (1940), Nr. 22, S. 523—525.

Telephone broadcasting: Line distribution at radio frequencies. Walmsley. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 11, S. 403—405.

Die hochfrequenten Verzerrungen beim Drahtfunk. W. Klein. Telegr.- Fernspr.- Funk- u. Fernseh-Techn. **29** (1940), Nr. 11, S. 331—334.

Trägerfrequenz-Fernsprechen über kurze Freileitungen. Telegr. Prax. **20** (1940), Nr. 22, S. 175.

Freileitungs-Trägerstromsysteme und ihre Frequenzbereiche. Nagel. Postarchiv **68** (1940), Nr. 4, S. 645 bis 684.

L'évolution des méthodes de transmission par fils. S. van Mierlo. Bull. Soc. franç. Electr. (5) **10** (1940), Nr. 112, S. 223—242.

Eigenschaften, Aufbau und Verwendung von Breitbandkabeln. H. Gross. Telegr. Prax. **20** (1940), Nr. 22, S. 171—175.

Über die Regelung des Verstärkungsgrades bei Breitband-Meßverstärkern ohne Verschlechterung des Frequenzganges. P. E. Klein. Funktechn. Mh. (1940), Nr. 6, S. 81—84.

Lop-sided speech and modulation: voice-wave polarity and its effect on phone transmitter operation. G. Grammer. QST **24** (1940), Nr. 2, S. 14—17, 86—96.

The influence of filter shape-factor on single-sideband distortion. J. C. Wilson & H. A. Wheeler. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 5, S. 253.

Die Frequenzbanderweiterung bei belasteten Fernsprechkabeln. H. Griem u. G. Pleuger. Europ. Fernsprechdienst 1940, Folge 55, S. 83—97.

La technique de la transmission téléphonique et l'interprétation musicale. Techn. Mitt. schweiz. Telegr. Teleph. Verw. **18** (1940). Nr, 4, S. 139—140.

Grundwerte des Nebensprechens in Fernsprech- und Rundfunkkreisen. G. v. Susani u. H. Hasselhorst. Europ. Fernsprechdienst 1940, Folge 54, S. 19—30. Veröff. Geb. Nachr.-Techn. **10** (1940), Nr. 1, S. 23—34.

La tecnica della trasmissione telefonica e l'interpretazione musicale. E. Grillo. Rass. Poste **12** (1940), Nr. 9, S. 616—617.

A voice-operated relay for use on long distance privat wires. A. Fairweather. Post Office electr. Engrs. J. **33** (1940), Nr. 2, S. 66—70.

Long-distance broadcasting over wires. T. Walmsley. Nature, Lond. **145** (1940), S. 434.

A simplified compandor equipment for trunk circuits. J. Lawton & D. J. Marrks. Post Office electr. Engrs. J. **33** (1940), Nr. 3, S. 120—126.

Lamp contrast expander, its operation and effectiviness analysed. S. W. Amos. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 1062, S. 504.

Eine Anordnung zur objektiven Messung der Bezugsdämpfung von Fernsprechapparaten und Leitungen sowie der Nebensprechdämpfung. K. Braun. Postarchiv **68** (1940), Nr. 3, S. 509—522.

8. Mikrophone

The microphone and research. F. S. Goucher. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 147.

Microphones. Adolfo Di Marco. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 146—147.

Mikrophone. J. de Boer. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 5, S. 146—155.

Mikrophone und Fernhörer. H. Rossmüller. Schwachstrom **16** (1940), Nr. 4, S. 26—29.

Kehlkopf-Mikrophone. Funktechn. Vorwärts **10** (1940), Nr. 18, S. 273—275.

Das Kehlkopfmikrophon. J. de Boer u. K. de Boer. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 1, S. 6—14.

I microfoni elettrodinamico a bobina mobile. Alta Frequ. **9** (1940), Nr. 3, S. 184—186.

Ein neues dynamisches Schwingspulenmikrophon. Radio Amateur **17** (1940), Nr. 9, S. 284.

Ein neues dynamisches Tauchspulenmikrophon. Radio Amateur **17** (1940), Nr. 11, S. 356—357.

Microfono elettrostatico di misura. Radio Ind. **6** (1940), S. 116—117.

A review of cardioid type unidirectional microphones. R. P. Glover. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 296—302, 379.

The development and design features of the new Western Electric models 639 A and 639 B microphones. F. H. McIntosh. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 4, S. 196.

A public address current-fed microphone. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 164, S. 185.

Six-way directional microphone. W. R. Harry. Bell. Labor. Rec. **19** (1940), Nr. 1, S. 10—14.

Graphical determination of the random efficiency of microphones. B. Baumzweiger. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 477—479.

Calibration of microphone and loud speaker response by interrupted sound wave. T. Hayashi. Nippon electr. Comm. Engng. (1940), Nr. 19, S. 165—168.

The absolute noise level of microphones. A definition proposed for discussion. H. G. Baerwald. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 131—139.

Zur thermischen Dämpfung in Mikrophonluftspalten. H. Pfriem. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 2, S. 103—111.

Gerät zur Prüfung von Mikrophonen. C. O. R. Johansen. Ingenioren, Kopenhagen **49** (1940), Nr. 23, S. 35—37.

Besprechungsanlage OV 62 (Mixette). Philips Sendernachr. **7** (1940), Nr. 1, S. 14—17.

Pressure gradient microphones. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 5, S. 73.

The laryngophone. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 6, S. 90.

Absolute pressure calibration of microphones. R. H. Cook. J. Res. Nat. Bur. Stand. **25** (1940), S. 489 bis 505.

9. Membranen und Platten

Vibration of metallic discs by rhythmic sublimation. T. Okaya & T. Tobiisi. Phys. Math. Soc. Japan, Proc. **21** (1939), S. 768—786.

Thoma, Alexander. Zur Konfiguration des Schallfeldes der kreisförmigen Kolbenmembran. Dissertation Karlsruhe/Baden 1940. 51 S.

Vibrometers having metal diaphragms. M. Matudaira, T. Hayasaka & M. Suzuki. Nippon electr. Comm. Engng. 1940, Nr. 21, S. 35—38.

Eigenschwingungen gedrückter Kreisplatten. F. A. Willers. Z. angew. Math. Mech. **20** (1940), Nr. 1, S. 37—44; Nr. 3, S. 184.

Circular disc piezo-electric coupler. Z. Kamayachi & H. Kurita. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 9, S. 204—208.

Die erzwungenen Schwingungen der allseitig eingespannten rechteckigen Platte. S. Iguchi. Proc. Phys.-Math. Soc. Japan (3) **22** (1940), Nr. 1, S. 1—14. Ing.-Arch. **11** (1940), Nr. 1, S. 53—72.

Note on the vibration of membranes. D. G. Christopherson. Quart. J. Math., Oxford Ser. **11** (1940), S. 63—65.

Symmetrical sand figures on circular plates. R. C. Colwell, J. K. Stewart & H. D. Arnett. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 2, S. 260—265.

Vibrations of free square plates. II. Compounded normal modes. M. D. Waller. Proc. Phys. Soc. **52** (1940), Part. 4, Nr. 292, S. 452—455.

10. Telephone

Der moderne Telephonapparat. L. A. Joys. Elektrotekn. T. **53** (1940), S. 1—9 (norwegisch).

Sound tests of telephone ringers and dials. N. R. Stryker. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 11, S. 343—344.

Die kleine Besprechungsstelle. E. Gagen. Z. Fernm.-Techn. **21** (1940), Nr. 8, S. 124—125.

A loud-speaking telephone system. A. Herckmann. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 12, S. 369—373.

Comunicazioni telefoniche in locali rumorosi con microfoni. M. Frederici. Elettrotecn. **17** (1940), Nr. 16, S. 384—393.

Störgeräusche im Fernsprechwesen. L. S. Uphoff. Telephony **119** (1940), Nr. 8, S. 9—12.

Zur Frage der Wirkungsgradbestimmung von Resonanztelephonen. H. Mrass. Ann. Phys. (5) **37** (1940), Nr. 291—302.

Eine neue Konferenzanlage mit Lautfernsprecher ohne Röhrenverstärker. E. Hettwig u. A. Pfeiffer. ETZ **61** (1940), Nr. 9, S. 207—209.

Das Telephon. E. Frey. Techn. Mitt. schweiz. Telegr. Teleph. Verw. **18** (1940), Nr. 5, S. 189—196, Nr. 6, S. 205—215.

Interessanti applicazioni della capsula elettromagnetica nella telefonia. Riv. Telecomun. **7** (1940), Nr. 12, S. 148.

Receiver testing with an „artifical ear". S. Ballantine. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 6, S. 34—35, 108 bis 110, 112.

11. Lautsprecher und Übertragungsanlagen

Neuer Isolierstoff-Türlautsprecher. Rundfunk-Gerät 1940, Nr. 23, S. 15.

Über Lautsprecherkombinationen. Schad. Rundfunk-Großhdl. **9** (1940), Nr. 8, S. 170—172.

Elaborate public address system for la Guardia airport. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 6, S. 40, 44.

Design of a 27-inch loudspeaker. R. T. Bozak. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 6, S. 22—24.

Multiunit electromagnetic horns. W. L. Barrow & Carl Shulman. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 130—136.

Warning sirens. Prevention of trouble from snow and ice. P. d'E. Stowell. Electr. Rev., Lond. **126** (1940), S. 65.

Die für Alarme verfügbaren Energiequellen. H. J. Libourel. Polyt. Weekbl. (holl.) **34** (1940), S. 180 bis 183.

Portable emergency sound system. G. F. Holly. Intern. Projectionist **15** (1940), Nr. 1, S. 19—20.

Berechnung und Konstruktion eines Exponentialtrichters für gute Sprachwiedergabe. Funktechn. Vorwärts **10** (1940), Nr. 11, S. 170—171.

Lautsprechersätze für höchste Wiedergabetreue. M. Wallenta. Radio Amateur **17** (1940), Nr. 6, S. 185 bis 188.

Lautsprecheranlagen auf Bahnhöfen. F. Lessel. Radio Progreß **11** (1940), Nr. 1, Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 10, S. 438.

Special diffuser-type speaker for factories. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 51, S. 406.

Dynamikentzerrung durch Änderung des Lautsprecherwirkungsgrades. H. J. Wittwer. Funk 1940, Nr. 24, S. 376—377.

Loud speaker design. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 4, S. 124—125.

Production of the modern loudspeaker. H. Golden. Commun. **20** (1940), Nr. 3, S. 15—16, 37.

Das Schaltschütz in der Elektroakustik. R. Falk. Funkschau **13** (1940), Nr. 12, S. 179.

Power transmission loss in exponential horns and pipes with wall absorption. W. D. Phelps. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 68—74.

Das Schallfeld in einem Kegelhorn unter verschiedenen Anregungsbedingungen. H. Buchholz. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 4, S. 169—189.

Mutual acoustic impedance in multiple-speaker systems. H. S. Knowles. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 6, S. 283.

Zur Ersatzschaltung des dynamischen Lautsprechers. F. Bergtold. Auslese Funktechn. **2** (1940), Nr. 1, S. 12—13.

Der Einfluß von Ausgleichsvorgängen auf die Naturtreue der Wiedergabe. F. C. Saic. Funktechn. Mh. (1940), Nr. 4, Nr. 58—62.

A graphical method of designing exponential horns. F. Massa. Radio e Televisione **6** (1940), Nr. 6, S. 237 bis 240.

The acoustical impedance of an infinite hyperbolic horn. J. E. Freehafer. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 467—476.

Tecnica dell'adattamento di altoparlanti. Dorian. Radio Giornale **8** (1940), Nr. 10, 1—3; Nr. 11, S. 1—2.

Neue elektroakustische L- und T-Regler. K. Danner. Helios **46** (1940), Nr. 11, S. 304. Radio Helios **17** (1940), Nr. 6.

The design of a loud-speaker. W. West & D. McMillan. J. Instn. electr. Engrs. **86** (1940), Nr. 521, S. 432—452.

Transient phenomena in horns. A. M. Efross. Commun. Inst. Sci. Math. et Mécan., Univ. Kharkoff et Soc. Math. Kharkoff IV **16** (1940), S. 82—88. (russ.).

Peatrophone to be shown at National Convention. Teleph. Engr. **44** (1940), Nr. 10, S. 66—67. Selbsttätig antwortender Fernsprechapparat.

Elektroakustische Verstärkungsanlage im Skala-Theater. A. Malavasi. Radio Ind. 1940, Nr. 63, S. 87—89.

Lautsprecheranlagen an Verkehrsplätzen in Hannover. G. Lenz. Verkehrstechn. **21** (1940), Nr. 24, S. 364.

The influence of a plane screen on the efficiency of loudspeaker. L. Mjasnikov. J. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 16, S. 1372—1381.

„Dufono" Gegensprech-Anlage. Rundfunk-Händler **17** (1940), Nr. 20, S. 460.

Billige Lautsprecheranlagen für Schulen. L. Peroni. Spra. Ba. **17** (1940), Nr. 2, S. 18—25.

An improved loud-speaking telephone. H. F. Hopkins. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 8, S. 251—254.

Calculation of the radiation properties of hollow pipes and horns. L. J. Chu. J. appl. Phys. **11** (1940), S. 603—610.

Quantitative laboratory demonstrations in sound. Winthrop R. Wright. Amer. J. Phys. **8** (1940), S. 255—258.

Plastics in radio. J. R. Turnbull. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 10, S. 489—490.

Lautsprecher-Ausrufanlagen für großstädtische Verkehrsmittel. H. Schumann. Verkehrstechn. **21** (1940), Nr. 20, S. 294—296.

Some notes on loudspeaker coupling systems. E. L. Walther. Proc. Inst. Radio Engrs. Australia **4** (1940), Nr. 1, S. 3—6.

Tests of loudspeaker in cinemas. S. L. Reiches. Science **92** Suppl., S. 10, 15. Nov. 1940.

12. Tonfilmtechnik

Sound pictures standard. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), S. 88—93.

Entwicklungsrichtungen auf dem Gebiet der Tonschriftarten. H. Warncke. Kinotechn. **22** (1940), Nr. 5, S. 65—67.

The ear in relation to talking pictures. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 146, S. 190—191.

Überblick über den Stand des Problems: Vergleich zwischen Zacken- und Sprossenschrift. M. Ulmer. Kinotechn. **22** (1940), Nr. 4, S. 45—51; Nr. 5, S. 67 bis 68.

Die Grundlagen der Schnürschrift und neue Verfahren zu ihrer Herstellung. A. Narath, K. Schwarz u. M. Ulmer. Kinotechn. **22** (1940), Nr. 6, S. 76—81, Nr. 7, S. 96—100.

Photoelectric tape recording. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 5, S. 16—18.

Enhanced stereophonic recordings demonstrated by Bell Laboratories. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 5 S. 30—31.

Stereophonic reproduction from film. H. Fletcher. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 9, S. 260—265. Intern. Projectionist **15** (1940), Nr. 4, S. 14, 17—18. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), S. 606—613.

Neue Tonfilmgeräte (Doppeltonspur). Kinotechn. **22** (1940), Nr. 2, S. 25.

Diffraction of light by sound film of the variable width type. J. F. Schouten. Physica **7** (1940), Nr. 2, S. 101—121.

RCA's „fantasound" system as used for Disney's „Fantasia". R. J. Kowalski. Intern. Projectionist Nov. 1940.

Report on the adaptation of fine-grain films to variable-density sound technics. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 1, S. 3—11.

Improvement in sound and picture release through the use of finegrain film. C. R. Daily. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 1, S. 12—25.

Photographic duping of variable area sound. F. W. Roberts & E. Taenzer. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 1, S. 26—37.

Constant amplitude recording. A. W. Duffield. Commun. **20** (1940), Nr. 3, S. 13—14, 28.

Ground-noise reduction systems. E. W. Kellogg. Intern. Projectionist. Okt. 1940.

The electrical reduction method of producing substandard sound tracks. N. Leevers. British Kinematogr. Soc., J. **3** (1940), Nr. 1, S. 12—20.

Stereophony in the kinema. A scheme to overcome the limitations of monaural production. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 151, S. 388.

Sound on film. R. F. E. Miller. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 11, S. 386—388. Photographic methods of recording.

Safe guarding theater sound equipment with modern test instruments. Goodman, Komalski, Hartmann & Stanko. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), S. 409.

Über die Herstellung einer mit Tonfrequenzen modulierbaren thermischen Lichtquelle. M. Lattmann. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. **6** (1940), S. 177 bis 194, 212—214.

A new high-quality sound system. G. Friedl, H. Barnett & E. J. Shortt. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 2, S. 212—219.

The problem of tone reproduction extended to colour photography and cinematography. W. D. Wright. Phonographic J. **80** (1940), Nr. 2, S. 25—37.

Push-pull ultraviolett recording. Intern. Projectionist **15** (1940), Nr. 2, S. 23—24.

Types on sound-on-film recordings. Intern. Projectionist **15** (1940), Nr. 3, S. 7—8, 11.

Audience noise as a limitation to the permissible volume range of dialog in sound motion pictures. W. A. Müller. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 4, S. 447, **35** (1940), Nr. 1, S. 48—58.

Photographic tone reproduction, theory and practice. L. A. Jones. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 4, S. 441.

An investigation of the influence of the negative and positive materials on ground noise. O. Sandvik & W. K. Grimwood. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 4, S. 440, **35** (1940), Nr. 2, S. 126—137.

The adjustable equalizer as a tool for selecting best response characteristics. E. S. Seeley. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 3, S. 351—363.

RCA—NBC orthacoustic recording. R. A. Lynn & B. F. Fredenhall. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 5, S. 250.

The effects of ultraviolet light on variable-density recording and printing. J. G. Frane & V. Pagliarulo. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 4, S. 440—441, Nr. 6, S. 614—631.

Hollywood considers 3-dimensional sound. Motion Pict. Herald **139** (29. Juni 1940), Nr. 13, S. 18.

Sound reinforcing system data. P. P. Melroy. Intern. Projectionist **15** (1940), Nr. 6, S. 7—8, 11—12, 28—30.

The problem of tone production extended to color photography and cinematography. W. D. Wright. Photogr. J. **80** (1940), Nr. 2, S. 25—37.

Soundheads on parade: 1927—1940. Paul P. Melroy. Intern. Projectionist Nov. 1940.

The influence of sound accompaniement on the dramatic value of pictures. Intern. Projectionist **15** (1940), Nr. 4, S. 20—21.

Embossing at constant groove speed — a new recording technique. E. G. Griffin. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 7, S. 26—27, 62—64.

Über den Lichtstrom der Ton-Optik. H. Thümmel. Kinotechn. **22** (1940), Nr. 8, S. 112—115.

Recording and reproducing square waves. D. Canady. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 4, S. 446; **35** (1940), Nr. 2, S. 201—206.

Das Einschneiden der Tonbande eines Films in ein Metallband. Verfahren zur Herstellung sehr genauer Einschnitte in Metall aus Matrizen großer Feinheit. G. R. Nahmias. Progr. fotogr. **47** (1940). S. 15—16.

Enhanced stereophonic recordings demonstrated by Bell Laboratories. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 5, S. 30—31.

Volume compressor in sound recording. M. F. Cooper. J. British Kinematogr. Soc. **3** (1940), Nr. 1, S. 3—11.

Reversal processing of sound recordings. R. Gorisch. J. British Kinematogr. Soc. **3** (1940), Nr. 1, S. 21—32.

Tonfilmaufnahmetechnik. W. Vox. Funktechn. Vorwärts **10** (1940), Nr. 2, S. 29—30, Nr. 3, S. 43—44, Nr. 4, S. 60—64, Nr. 7, S. 97—100. Nr. 8, S. 125—128, Nr. 9, S. 141.

Zur Frage des gleichförmigen Laufes von Tonträgern. H. Müller. Kinotechn. **22** (1940), Nr. 8, S. 108—112, Nr. 9, S. 128—131.

Professional 16-mm recording equipment. D. Canady. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **35** (1940), Nr. 2, S. 207—211.

13. Magnetton-Technik

Construction of apparatus for recording sound on steel wire. R. L. Mansi. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), S. 4—10, 69—74, 86, 142—144, 227—228, 230, 233.

Photoelectric tape recording. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 5, S. 16—18.

Getting the best from records. P. G. A. H. Voigt. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 1052, S. 141—144, Nr. 1053, S. 177—180, Nr. 1054, S. 210—213, Nr. 1055, S. 242 bis 245.

A new recording machine combining disc recording and magnetic recording with short reference to the present status of each. S. J. Begun. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **35** (1940), S. 507, 521.

14. Schallplattentechnik

Eine neue und interessante Konstruktion eines Plattenspielers. K. Tetzner. Funk 1940, Nr. 3, S. 42—43.

Aufnahme und Wiedergabe der Langspielplatte. H. Alquist. Radio-Mentor **9** (1940), Nr. 3, S. 106—108, Nr. 5, S. 165—166. Rundfunk-Gerät 1940, Nr. 5/6, S. 13—14. Helios, Beibl. Radio-Helios **46** (1940), Nr. 9, S. 255—256.

Schallplatten mit halbstündiger Spieldauer. Wirtsch. Techn. Verk. 1940, Nr. 6, S. 20—21.

Das Robotophon, ein deutscher Zehnplattenspieler. Klopp vom Hofe. Rundfunk-Gerät 1940, Nr. 14, S. 12.

Geräte für die industrielle Schallplatten-Aufnahme. Funkschau **13** (1930), Nr. 10, S. 157—159.

Versuche mit Stereophonplatten. K. de Boer. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 6, S. 183—187.

78 oder 33 Umdrehungen? Untersuchungen und Erfahrungen mit der „untertourigen" Schallplattenaufnahme. K. Lindner. Funkschau **13** (1940), Nr. 8, S. 119. Funk 1940, Nr. 4. S. 58.

Die Abwinkelung von Tonabnehmern. P. Herrmann. Funk 1940, Nr. 3, S. 43—44.

Stylus-groove relations and their influence on phonograph reproducer design. F. V. Hunt & J. A. Pierce. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 379—380.

A high-gain d—c amplifier for bio-electric recording. H. Goldberg. Electr. Engng., Transact. **59** (1940), Nr. 1, S. 60—64.

Application of the Buchman-Meyer effect in the calibration of phonograph recording and reproducing equipment. M. Cowan & P. Griffith. J. Acoust. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 380.

Die Spanaufwicklung bei der Schallplatten-Selbstaufnahme. W. Mörs. Funk 1940, Nr. 3, S. 41—42.

Feedback improves electro-mechanical recording. L. Vieth. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 6, S. 171—173.

Improvements in disc records through constant amplitude recording. A. W. Duffield. Commun. **20** (1940), Nr. 3, S. 13—14, 28.

Recent improvements in recording. C. J. Lebel. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 9, S. 33—35, 79—81.

Recent work on experimental phonetics. E. G. Richardson. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3682, S. 841—843.

Über die linearen und nichtlinearen Verzerrungen beim Schallplattenverfahren. G. Guttwein. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 6, S. 330—349.

Universal phonograph reproducer. H. A. Henning. Bell Labor. Rec. **19** (1940), Nr. 2, S. 57—60.

Elektrische Schallplattenreproduktion. Radio Progreß **1** (1940), Nr. 1,

Recording and reproducing square waves. D. Canady. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **35** (1940), Nr. 2, S. 205—206.

Improved armature for electric pick-up. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 151, S. 415—416.

Embossing at constant groove speed - a new recording technique. E. E. Griffin. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 7, S. 26—27, 62—64.

Some notes on vibratory momentum and groove skating in disc reproduction. J. C. Parvey. Commun. **20** (1940), Nr. 10, S. 22, 25—26.

Stereophonic records of enhanced music. Bell Laboratories. Nature, Lond. **146** (1940), Nr. 3692, S. 174. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 5, S. 30—31.

A high-fidelity recording amplifier. J. J. Abend. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 10, S. 44, 46.

Photocell replaces needle. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 8, S. 50.

Some problems of disc recording. S. J. Begun. Proc. Inst. Radio Engrs. **27** (1940), Nr. 9, S. 389—398.

New pick-ups. Two moving coils and a crystal. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 8, S. 301—302 (Nr. 1056).

Neue elektrische Wiedergabegeräte für Musik. G. Giulietti. Elettrotecn. **27** (1940), S. 217—218.

Somes notes on a direct lateral crystal recording cutter head. F. W. Stillwagen. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 12, S. 576.

The development of crystal and magnetic cutter for disc recordings. S. J. Begun. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 12, S. 577—578.

A photoelectric phonograph reproducer. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 12, S. 42, 44.

The cranked pick-up tone arm. Mathematical analysis of tracking error and the derivation of an optimum design. H. F. Huon. Proc. Inst. Radio Engrs., Australia **4** (1940), Nr. 2, S. 26—31.

Hochentwickelte Schallfilmgeräte nach dem Tefiphon-Verfahren. Helios, Beibl. Radio-Helios **46** (1940), Nr. 25, S. 611—612, 614.

15. Akustik in der Wehrtechnik

Der Geschoßwiderstand im Ultraschallgebiet. Fritz Gabriel. Wehrtechn. Mh. **44** (1940), Nr. 5, S. 114 bis 119, Nr. 7, S. 165—168.

Explosionswellen auf Wolkenoberflächen. A. Schmauss. Meteorol. Z. **57** (1940), Nr. 2, S. 80.

O. G. for sound (Richtungshören). Flight, Lond. **37** (1940), S. 262—263.

Schallverzugsrechner bei Abhörgeräten für den Flugzeugschall. E. Kutzscher. Z. VDI **84** (1940), Nr. 44, S. 845—851.

Shock waves in air and characteristics of instruments for their measurement. L. Thompson. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 198—204.

Das Horchgerät in der Armee. Born. Flugabwehr u. -Techn. **2** (1940), S. 251—255.

Concerning „Physics of flames and explosions of gases". W. T. David. J. appl. Phys. **11** (1940), Nr. 2, S. 157 bis 158.

Der Ultraschall. Seine gegenwärtigen und zukünftigen kriegstechnischen Anwendungsmöglichkeiten. F. Gatta. Rass. Cult. Mil. (1940), Nr. 2, S. 83—95.

The breaking theory of detonation. Carl. J. Franklin Inst. **230** (1940), Nr. 1, S. 75—94, Nr. 2, S. 207—227, Nr. 3, S. 355—374.

Effect of noises of warfare on the ear. T. S. Littler. Nature, Lond. **146** (1940), S. 217—219.

Latent energy and dissociation in explosions. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3684, S. 897—898.

Failure of detonation in the case of explosive charges of small diameter. J. Clariton & V. Rosing. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **26** (1940), Nr. 4, S. 352 bis 353.

16. Echolote (Wasserschall)

A new application of echo-sounding. C. H. Mortimer & E. B. Worthington. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3667, S. 212—214.

Echolot als Seegangsmesser. Z. VDI **84** (1940), Nr. 34, S. 626—627.

Altimetri a misura diretta. P. Andrietti. Riv. aeron. **16** (1940), S. 199—208.

Fonogoniometria aerea e subacquea. F. Botta. Riv. Artiglieria e Genio **79** (1940), S. 575—588.

Ultrasonics and their application in echo sounding. J. C. Grant. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 10, S. 488.

Actual research on direct-reading depthmeter at Shiogama harbor. S. Matsuo. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 11, S. 255—257.

Untersuchungen über die Schalleitung in wassergefüllten Rohren. E. Ganitta. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 2, S. 87 bis 102. Dissertation Berlin 1939.

Tamm, Konrad. Ein- und zweidimensionale Ausbreitung von Wasserschall im Rohr bzw. im Flachbecken. Dissertation Berlin. (Vgl. Akust. Z. **6** (1940), Nr. 1, S. 16—34.)

17. Lärm- und Erschütterungsabwehr

Noise and vibration isolation. H. A. Leeday. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 341—345.

To combat noise; Westinghouse devices for study of sound. J. A. Baubie. Sci. Amer. **162** (1940), Nr. 1, S. 10—11.

Noise analysis. Industr. heat Engr. **2** (1940), S. 45—47.

Practical noise silencers. Simple methods for reducing noise level in troublesome locations. Dana A. Griffin. Radio Retailing, Apr. 1940, S. 69—70.

Noise reduction - an american survey. Electrician, Lond. **125** (1940), Nr. 3244, S. 59—60.

Schall- und Erschütterungsschutz für Gebäude. Werner. Schalltechn. **12** (1940), Nr. 1, S. 5—6.

Leistungssteigerung durch Lärmbekämpfung. W. Haase. Maschinen Markt (1940), Nr. 6, S. 119—121.

Dynamic suspension. Flight, Lond. **36** (1940), Nr. 1631, S. a/d.

Beurteilung der Stabilität von Seeschiffen. W. Brühl. Schiffbau **41** (1940), Nr. 13, S. 194—195.

Schlingern von Schiffen in Fahrt. G. S. Baker u. C. von den Steinen. Werft Reed. Hafen **21** (1940), Nr. 6, S. 77—79.

Über Anlagen zur Schlingerdämpfung und Schräglagenbekämpfung bei Schiffen (Bauart Siemens). H. Hort. Siemens Z. **20** (1940), Nr. 141—151.

Verminderung störender Rüttelschwingungen an Kreiselgeräten. K. Magnus. Z. VDI **84** (1940), Nr. 47, S. 919—920.

Über Schwingungen von Wehren. R. Seifert. Z. VDI **84** (1940), Nr. 7, S. 105—110.

Zur Biegewellengeschwindigkeit. R. Berger. Schalltechn. **12** (1940), Nr. 1, S. 1—3.

Die Auswuchtung im Betriebszustand. H. Heymann. Elektro Markt 1940, Nr. 25, S. 19—21.

Bekämpfung von Geräuschen in Kraftwagen. R. Poppinga. Z. VDI **84** (1940), Nr. 37, S. 689—690.

Über Resonanzschwingungen in den Ansaug- und Auspuffleitungen von Reihenmotoren. O. Lutz. Luftfahrtforsch. **17** (1940), Nr. 4, S. 123—128.

Dämpfer für Ansaug- und Auspuffgeräusche. H. Irmer. Rdsch. Dtsch. Techn. 1940, Nr. 51, S. 3.

Ansauggeräusche und Mittel zu ihrer Bekämpfung. H. Irmer. Motortechn. Z. **2** (1940), S. 44—50.

Lärmabwehr bei Motorenprüfständen. W. Zeller. Wärme- u. Kältetechn. **41** (1939), S. 116—118.

Klopfen von Mehrzylindermotoren. F. Kneule. Z. VDI **84** (1940), Nr. 45, S. 869—872.

Klopffestigkeit und Verzweigungszahl. Z. VDI **84** (1940), Nr. 43, S. 832—833.

Klopfmessungen an Otto-Motoren. E. Neher. Arch. techn. Messen 1940, Lfg. 111, S. T 101—T 102.

Untersuchung der Klopfgeräusche von Ottomotoren mit elektroakustischen Meßgeräten. A. W. Schmidt. Z. VDI **84** (1940), Nr. 3, S. 48.

Klopfeigenschaften von Kraftstoffen für Flugmotoren. W. Lindner. Z. VDI **84** (1940), Nr. 17, S. 285—286.

Untersuchungen über den Klopfvorgang in Mehrzylindermotoren. A. W. Schmidt. Z. VDI **84** (1940), Nr. 25, S. 435—438.

Die Genauigkeit von Klopfwertbestimmungen. W. Wilke. Z. VDI **84** (1940), Nr. 29, S. 520—521.

Schallsicherheitsmaßnahmen zur Vermeidung von Geräusch- und Erschütterungs-Übertragungen durch Rohrpost-Maschinen-Stationen und Rohrpost-Apparate. Schwaighofer. Z. Fernm.-Techn. **21** (1940), Nr. 6. S. 88—92.

Harmonic theory of noise in induction motors. J.W. Morrill. Electr. Engng. Transact. **59** (1940), S. 474—480.

Beseitigung von Vibrationserscheinungen an einem großen Sychronmotor. Z. G. Kaganov. Vestn. Elektr.-Promischl **11** (1940), Nr. 7, S. 27—30.

Transformer noise. Recent investigations with a view to its limitation. Electr. Rev., Lond. **126** (1940), Nr. 3254, S. 397—398. Electrician, Lond. **124** (1940), Nr. 3226, S. 262. Electr. Times **97** (1940), Nr. 2528, S. 291—292.

Elimination of transformer noise. Norris. Electrician, Lond. **124** (1940), S. 148.

Die Schwingungen der Glockentürme des Münsters in Basel, der Enge-Kirche in Zürich und der Predigerkirche in Zürich. Eidgen. Mat. Prüf. Anst. Ber. Nr. 127. Zürich 1940. Schweiz. Bauztg. **115** (1940), S. 222.

Methods of rating the noise from air conditioning equipment. J. S. Parkinson. Heat & Pip. Air Condit., N. Y. **12** (1940), Nr. 7, S. 447—450.

Die Entwicklung einer geräuschlosen Atelierkamera. H. Linke. Z. Instrumentenkde. **60** (1940), Nr. 11, S. 341—347.

Fatigue problems in the aircraft industry. K. Arnstein & E. L. Shaw. Metals & Alloys **10** (1939), Nr. 7, S. 203 bis 209.

Measuring spectra of the „turbulent sound" of revolving cylindrical bars, plates and model of airscrew. E. Nepomnjashij. Z. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 21, S. 1800—1810.

Über Schwingungen und Geräusche von Maschinen und ihre Verminderung. B. Slavik u. J. Hadraba. Elektrotechn. Obzor (tchech.) **29** (1940), Nr. 35, S. 417—425.

A method of noise generation. T. Hayashi & M. Endo. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 11, S. 258.

Insulating air ducts against heat loss and noise. Sheet Metal Worker **31** (1940), S. 36—38.

Generator housed to reduce 3600 — r. p. m. noise. Electr. Wld. **113** (1940), S. 2046—2048.

Campaign against noise! N. D. Stone. Bankers Mo. **57** (1940), S. 461—462.

Vibration in electrical machinery. D. B. Hoseason. M. V. Gazette **19**, Juli 1940, S. 16—21.

Turbine blade research points to solution of vibration troubles. F. T. Hague. Electr. Wld. **113** (9. 3. 1940), S. 60—62.

Sound transmission in buildings. R. Fitzmaurice & W. Allen. Dept. Sci. and Industr. Research. Publ. Rep. 17. Mai 1940.

Loudness and the individual. The quest for quieter transformers. Electr. Rev., Lond. **126** (1940), Nr. 3254, S. 387—388.

The limitation of transformer noise. B. G. Churcher & A. G. King. Electr. Engr. **9** (1940), S. 829—832.

Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3687, S. 1029. J. Instn. electr. Engrs. **87** (1940), Nr. 527, S. 539—569.

Adaptability of noiseless transformers in the city and their economical operation. T. KUBOTA. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 4, S. 78—82.

Characteristics of silent propellers. A. W. DAVIS. Trans. Inst. Engr. Shipbuild. Scot. Glasgow **83** (1940), Teil 3, S. 69—102. Engng. **149** (1940), S. 74—76.

The absorption of noise in ventilating ducts. H. J. SABINE. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 53—57.

Vibration of overhead line conductors. E. W. W. DOUBLE & W. D. TUCK. J. Instn. electr. Engrs. **86** (1940), Nr. 518, S. 129—160.

Making walls sound-proof. M. RETTINGER. Engng. News-Record **23**, Mai 1940.

The mechanical insulation of radio equipment against aircraft vibration. L. B. HALLMAN. Commun. **20** (1940), Nr. 5, S. 5—7, 24.

Der Fahrlärm von Straßenbahnfahrzeugen und seine Bekämpfung. G. HÜTER. Verkehrstechn. **21** (1940), Nr. 8, S. 113—115.

Room noise at telephone locations. D. F. SEACORD. Electr. Engng. **59** (1940), Nr. 6, S. 232—234. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 183—187. Bell Teleph. System Monogr. B—1234. 7 S. (Vgl. Electr. Engng. **58** (1939), Nr. 6, S. 255—257.)

Störgeräusche im Fernsprechwesen. L. S. UPHOFF. Telephony **119** (1940), Nr. 8, S. 9—12.

B. L. Fisher invents telephone noise suppression system. Teleph. Engr. **44** (1940), Nr. 3, S. 39—40 (USA.-Patent 2191375).

Comunicazioni telefoniche in locali rumorosi con microfoni. M. FREDERICI. L'Elettrotecn. **17** (1940), Nr. 16, 384—393.

Harmonic theory of noise in induction motors. W. J. MORRILL. Electr. Engng. Transact. **59** (1940), Nr. 8, S. 474—480.

Rubber as anti-vibration materials. C. W. KOSTEN. Comm. of the Rubber Found. Amsterdam 1940, Nr. 16, S. 5—16.

Telefonia fra ambienti rumorosi e prove su laringofoni. A. FERRARI-TONIOLE. Alta Frequ. **9** (1940), Nr. 1, S. 4—24.

Die Maßnahmen zur Verminderung des Luftschraubenschalls. G. WEYMANN. Luftf.-Forschg. **17** (1940), S. 89—96.

The main causes of noise in the Moscow tubing escalators. V. KAZANSKIJ. J. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 15, S. 1251—1255.

Eine wirksame erschütterungsfreie Aufhängung von empfindlichen Flüssigkeitsspiegeln. H. E. R. BECKER. Z. techn. Phys. **21** (1940), Nr. 9, S. 195—199.

Noise in burglary-resistive vaults under normal and attack conditions. H. D. BRAILSFORD. Underwriters' Lab. Bull. Research Juli 1940, Nr. 17.

Sound level ratios key to noise problem. Electr. Wld. **113** (1940), S. 1731.

Noise limiter. Saturating detector circuit. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 12 (1060), S. 427.

Exemples de lutte contre le bruit et les vibrations à bord des navires à moteurs. JEAN BOCQUET. Bull. techn. Bur. Veritas **22** (1940), S. 12—13.

Transmission of sound between neighbouring rooms in a brick building. J. E. R. CONSTABLE. Proc. Phys. Soc. **51** (1939), Nr. 1, S. 53—61.

Eine neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit und der Bau eines schallgedämpften Raumes. E. MEYER, G. BUCHMANN u. A. SCHOCH. Z. techn. Phys. **21** (1940) Nr. 12, S. 372—375.

Beschädigung von Hochspannungsleitungen durch Vibration der Leiter. G. S. SOLODOVNIKOV. Elektr. Stanzii **11** (1940), Nr. 8, S. 38—40.

Lärmbekämpfung in Spinnereibetrieben. FR. MÜNCH. Melliand Textilber. **21** (1940), Nr. 11, S. 564—567.

Neuere Erfahrungen zur Frage der Freileitungsschwingungen. P. BEHRENS. Elektrizitätswirtsch. **39** (1940). Nr. 23, S. 312—314, Nr. 27, S. 369—372.

Sound-absorbing properties of common outdoor materials. G. W. C. KAYE & E. J. Evans. Phys. Soc., Proc. **52** (1940), S. 371—379.

Dynamische Vorgänge bei klopfender Verbrennung. A. RÖCHLING. Forsch. Geb. Ing. Wesens. B **11** (1940), Nr. 5, S. 290—292.

Vibration of propeller blades. Nature, Lond. **146** (1940), Nr. 3713, S. 843.

The vibration and sound of a revolving thin plate. Acoustical model of airscrew flutter. J. OBATA, Y. YOSIDA & Y. MAKITA. Proc. Imp. Acad. Tokyo **16** (1940), Nr. 9, S. 455—460.

Calculation of the lowest natural frequency of a propeller by Rayleigh's method. S. LUTHANDER. Tekn. Tidskr. (Mekanik) **70** (1940), S. 73—78 (schwedisch).

Aeroplane „spotting" by electro-acoustical methods. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 154, S. 535—537.

Singing propellers. KERR, SHANNON & ARNOLD. Engr. **169** (1940), Nr. 4358, S. 389, 391.

Propeller rotation noise due to torque and thrust. A. F. DEMING. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 173—182. T. N. No. 747, Nat. Academy Comm. Aer. January 1940.

A study of air movement through axial-flow free-air propellers. M. F. DOWELL. General Electric Rev. **42** (1939). S. 210—217.

Bestimmung der Motorengeräusche durch Messung. E. SINGER. Elektroteknika **6** (1940), S. 13—15 (kroatisch).

Intense combination-tones produced by the flutter of an airscrew. I. Investigations of airscrew flutter. J. OBATA, Y. MATSUMURA, R. KANAYAMA & Y. YOSIDA. Aeronaut. Res. Inst. Tokyo Rep. **15** (1940), Nr. 187, S. 3—26.

Über Maßnahmen zur Verminderung des Luftschraubenschalls. G. WEYMANN. Luftf.-Forschg. **17** (1940), Nr. 3, S. 89—96. Dissertation T. H. Karlsruhe 1939. 10 S.

18. Medizinische und physiologische Akustik (Gehör)

Hearing-test machines at the world's fair. F. A. COLES. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 10, S. 290—291.

Analysis of World's Fair hearing tests. Electr. Engng. **59** (1940), Nr. 6, S. 241.

Results of the World's Fair hearing tests. J. C. Steinberg, H. C. Montgomey & M. B. Gardner. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 2, S. 291—301.

Hearing survey at the New York and San Francisco world's fairs. H. C. Montgomery. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 378.

Characteristics and distribution of impaired hearing in the population of the United States. W. C. Beasley. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 114—121.

Selective amplification in hearing aids. N. A. Watson & V. O. Knudsen. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 377, Nr. 4, S. 406—419.

Partial deafness and hearing-aid design. 1. Characteristics of hearing loss in various types of deafness. W. C. Beasley. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **35** (1940), Nr. 1, S. 59—85.

Correlation between hearing loss measurements by air conduction on eight tones. W. C. Beasley. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 104—113.

Aids to hearing. Some problems of design, methods of testing. T. S. Littler. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 1053, S. 167—170, Nr. 1504, S. 205—206.

Tone control in hearing aids. T. S. Littler. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 1054, S. 205—206.

Inductive deaf aid. G. A. V. Sowter. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 4, S. 126—128.

Studies of acquired and inherited deafness in animals. M. H. Lurie. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 377, Nr. 4, S. 420—426.

Auditory significance of the term hearing loss. J. C. Steinberg & M. B. Gardner. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 270—277.

Über die Stärke der Vibrationsempfindung und ihre objektive Messung. G. v. Bekesy. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 3, S. 113—124.

Das absolute Gehör und seine Typen. A. Welleck. Forsch. u. Fortschr. **16** (1940), Nr. 21, S. 227—229.

The locus of distortion in the ear. E. G. Weber, C. W. Bray & M. Lawrence. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 427—433.

Untersuchungen zu den Theorien des Hörens. H. Jung. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 5, S. 268—283.

Messungen der Hörschwelle und der Trommelfellabsorption an gesunden und kranken Ohren. W. Menzel. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 5, S. 257—268.

Measurement of the directional properties of the ear carried out with a dummy. L. D. Rosenberg & A. B. Slavinsky. C. R. (Doklady) Acad. Sci. USSR **26** (1940), S. 578—580.

The place of „hearing" in theory about music. Ll. S. Lloyd. Musical Assoc. 66th Session (1940), S. 33—52.

Miniature tubes in weaable hearing aid. L. M. Dezettel. Popular Mech. **74** (1940), S. 776—777.

The role of head movements and vestibular and visual cues in sound localization. Hans Wallach. J. exp. Psych. **27** (1940), S. 339—367.

A further investigation of the development of hearing in the oppossum. Edward McCrady, Ernest Glen Wever & Charles W. Bray. J. comparative Psych. **30** (1940), S. 17.

Le développement du sens de l'audition. E. D. Adrian. Psych. Abs. **14** (1940), Nr. 3917, S. 401.

Revision of the Seashore measures of musical talent. J. G. Saltveit, Don Lewis & Carl E. Seashore. Univ. of Iowa Studies Nr. 65, Okt. 1940.

Three mechanisms of hearing by electrical stimulation. R. C. Jones, S. S. Stevens & M. H. Lurie. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), S. 281—290.

Interference of tones in the cochlea. E. G. Wever, C. W. Bray & M. Lawrence. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), S. 268—280.

Hearing-aid for research and group use. E. W. Marchant & T. H. Turney. J. sci. Instrum. **17** (1940), S. 149—155.

Amplifying power of ear trumpets. Y. Rocard. Rev. Sci., Paris **78** (1940), S. 146—148.

Correlations between air and bone conduction acuity measurements in different types of deafness. S. N. Reger. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 378.

The pitch of complex tones. L. A. Jeffress. Amer. J. Psych. **53** (1940), S. 240—250.

Die Tonhöhenempfindung. J. F. Schouten. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 10, S. 294—302.

Remark on „inductive systems for the deaf". D. W. Aldous. Wireless Wld. **46** (1940), S. 172.

The residue, a new component in subjective sound analysis. J. F. Schouten. K. Ned. Akad. Wet., Proc. **43** (1940), S. 356—365.

Der Lautstärkengewinn bei zweiohrigem Hören und seine Bedeutung. K. Braun. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernseh-Techn. **29** (1940), Nr. 12, S. 343—345.

Hearing and equilibrium. H. Macnaughton-Jones. Nature, Lond. **145** (1940), S. 662.

Hearing tests. H. C. Montgomery. Nature, Lond. **145** (1940), S. 79.

Der Einfluß von Luftdruckvariationen auf das Gehör bei Luft- und Knochenleitung. H. A. E. Dishoeck. Proc. Kon. Med. Akad. Wet. Amst. **43** (1940), Nr. 1, S. 104—112.

Über das Hörvermögen der Schwerhörigen. F. Specht. Sitzungsber. phys.-med. Soc. Erlangen **71** (1939), S. 253 bis 254 (1940).

Effects of noises of warfare on the ear. T. S. Littler. Nature, Lond. **146** (1940), Nr. 3694, S. 217—219.

The mechanical characteristics of the human stapes. O. Stuhlman jr. Phys. Rev. (2) **57** (1940), Nr. 10, S. 941.

Choosing a hearing set. T. S. Littler. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 8, S. 283—286 (Nr. 1056).

Le developpement du sens de l'audition. E. D. Adrian. Psych. Abs. **14** (1940), Nr. 3917, S. 401.

The origin of combination tones. E. Glen Wever, Ch. W. Bray & M. Lawrence. J. exp. Psych. **27** (1940), S. 217.

Auditory patterns. H. Fletcher. Rev. mod. phys. **12** (1940), S. 47—65.

On the auditory significance of the term hearing loss. J. C. Steinberg & M. B. Gardner. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 270—277.

Über die physiologisch-akustischen Kennzeiten von Ausgleichsvorgängen. W. Türk. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 3, S. 129—145.

Loudness level to loudness conversion chart. P. H. Geiger. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 308—310.

The pitch of complex tone. L. A. JEFFRESS. Amer. J. Psych. **53** (1940), S. 240—250.

EUSS, ERIKA. Über die Rolle der Knochenleitung bei der hörverbessernden Wirkung elektro-akustischer Apparate. („Akustik-Taschenapparate.") Dissertation Würzburg 1937. 49 S.

TÜRK, WOLFGANG. Über die physiologisch-akustischen Kennzeichen von Ausgleichsvorgängen. Dissertation Karlsruhe 1940.

SANDIG, HANS. Beobachtungen an Zweiklängen in getrenntohriger und beidohriger Darbietung. Dissertation Leipzig 1939. (Vgl. Neue psychol. Studien, Bd. 14, Heft 1.)

19. Sprache

The vocoder - electrical recreation of speech. H. DUDLEY. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 3, S. 272 bis 278. Nature, Lond. **145** (1940), S. 157.

The vocoder remakes speech. H. DUDLEY. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 1—47.

Der „Voder" und der „Vocoder". H. ROSSMÜLLER & K. O. SCHMIDT. Europ. Fernsprechdienst 1940, Nr. 56., S. 230—234.

The vocoder. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3665, S. 157.

Secrecy by inversion of syllables. M. MARRO. Phil. Mag. (7) **29** (1940), Nr. 193, S. 205—207.

Reversed speech. E. W. KELLOGG. RCA Rev. **5** (1940), Nr. 1, S. 101—105.

Recent studies of fundamental vocal pitch in speech. G. FAIRBANKS. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 373—374, Nr. 4, S. 457—466.

Speech production as revealed by vocal cord photography and sound wave analysis. J. C. STEINBERG. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 373.

The physiological basis of the singing. H. HEMERY. Nature, Lond. **145** (1940), S. 816.

Statistical measurements on conversational speech. H. K. DUNN & S. D. WHITE. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 278—288.

Resonant frequencies and damping constants of resonators involved in the production of sustained vowels „O" and „Ah". D. LEWIS & TUTHILL. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 451—456.

Starting characteristics of speech sounds. R. O. DREW & C. W. KELLOGG. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), S. 43—58. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 95—103.

An artificial larynx for speaking and choral singing by one person. F. A. FIRESTONE. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 357—361.

Melodische Bewegung der Sprechstimme in deutschen Mundarten. O. v. ESSEN. Forsch. u. Fortschr. **16** (1940), Nr. 6, S. 63—64.

The paradox of voice teaching. W. T. BARTHOLOMEW. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 446—450.

Der Diphthong, sein Wesen und sein Aufbau. P. MENZERATH. Forsch. u. Fortschr. **16** (1940), Nr. 19/20, S. 209—210.

The calculation of articulation for effective rating of telephone circuits. L. C. POCOCK. Electr. Commun. **18** (1939), Nr. 2, S. 120—132.

Studies of the vocal cords in relation to the quality of certain speech sounds. M. COWAN. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 380—381.

Ein neues Gerät für Sprach-Forschungen mit weitgehenden Anwendungsmöglichkeiten in Rundfunk, Tonfilm und Telephonie. A. LION. Schweiz. techn. Z. 1940, Nr. 34/35, S. 419—421 (Vocoder).

Zur Frage der Wortverständlichkeit bei Lied-, Chor- und Opernübertragungen. R. MERTEN. Rundfunk-Archiv **14** (1940), Nr. 11, S. 375—378.

High-speed motion pictures of the human vocal cords. D. W. FARNSWORTH. Bell Labor. Rec. **18** (1940), Nr. 7, S. 203—208.

The carrier nature of speech. H. DUDLEY. Bell System techn. J. **19** (1940), Nr. 4, S. 495—515.

Muscle sounds of a single twitch. G. RIJNBERG & H. D. BOUMAN. Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Amst. **43** (1940), Nr. 3, S. 350—355.

Über die Hörbarkeit von Echos und ihren Einfluß auf die genaue Verständlichkeit von Sprache. A. RABINOVICH. J. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 8, S. 605—616.

Über die Frage der Kopplung zwischen Ansatzrohr und Windrohr beim menschlichen Stimmorgan. W. TRENDELENBURG. Abh. Preuß. Akad. 1940, Nr. 9, 25 S.

Recent work in experimental phonetics. E. G. RICHARDSON. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3683, S. 841 bis 843.

Zur Kenntnis der Kurvengestalt der Vokalperiode in ihrer Beziehung zu den Vorgängen im Kehlkopf. W. TRENDELENBURG. Abh. Preuß. Akad. Wiss. 1940, Nr. 11, 13 S.

Photographing the vocal cords. Science (N. S.) **91** (1940), Suppl. 8.

BIRK, RUDOLF. Lautdauer und Intonation in der Sprache von Stanley Baldwin. Dissertation Berlin 1939. (Lebendige Sprache, Heft 6.)

BLASCHE, HERBERT. Intonation und Lautgebung in der englischen Aussprache des Lord Roberts. Dissertation Berlin 1939. (Lebendige Sprache, Heft. 4.)

BRUDT, KÄTE. Madeira. Estudo linguistico-etnográfico. Dissertation Hamburg 1938. Vgl. Boletim de Filologia T 5, Fasc. 1/2.

ELLWANGER, HERMANN. Studien zur Sprache Mussolinis. Dissertation Heidelberg 1939. Firenze: Sansoni 1939, 131 S.

SIEGLOCH, ARNO. Die phonetischen Mittel der Deklamation bei W. J. Holloway in der Wiedergabe der Leichenrede des Mark Anton (Sheakspeare, Julius Caesar, 3.2). Dissertation Berlin 1939. (Lebendige Sprache, Heft 7.)

MÖHRING, HEINRICH. Lautbildungsschwierigkeiten im Deutschen. Dissertation Hamburg 1939. (Vgl. Z. f. Kinderforsch., Bd. 47.)

PASQUALINI, GIOACHINO. L'elettroacustica applicata alla liuteria. Rom 1940. Aus: Annuario della R. Academia di S. Cecilia 1938/39.

LÖHNERT, HANS. Intonation und Lautgebung in der Aussprache von Ramsay Macdonald. Dissertation Berlin 1939. (Vgl. Lebendige Sprache, Heft 8.)

MENZERATH, PAUL. Der Diphthong, eine kritische und experimentelle Untersuchung. Berlin u. Bonn: Ferd. Dümmler. 1940.

ROHMANN, HERBERT. Intonation und Lautgebung in der Sprache von Lloyd George. Dissertation Berlin 1939. (Vgl. Lebendige Sprache, Heft 5.)

REICHENKRON, GÜNTER. Beiträge zur romanischen Lautlehre. Habil.-Schrift Berlin 1939. Berliner Beiträge zur roman. Philologie, Bd. 10, Nr. 1/2.

20. Musikalische Akustik

Die Musikinstrumente. A. FERRIER. Techn. Mitt. schweiz. Telegr. Teleph. Verw. **18** (1940), Nr. 6, S. 215—244.

A note on just intonation. L. S. LLOYD. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 440—445.

The resonoscope. S. K. WOLF & L. B. HOLMES. J. Soc. Mot. Pict. Engrs. **34** (1940), Nr. 5, S. 534—538; Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 6, S. 92.

A suggestion for simplified musical notation. P. EDWARDS. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 323.

The musical pitch of orchestras. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3671, S. 396—397.

Über die Rückwirkung der Decke eines Musikinstrumentes auf die Saitenschwingungen. A. BELOV. J. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 1, S. 807—812.

Tone production on the stringed instrument. A. SMALL. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 381.

The influence of the soundboard on piano tone quality. P. H. BILHUBER & C. A. JOHNSON. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 311—320.

The sound of bells. Jottings from my experiences with the sound of bells. The strike note. J. ARTS. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 321—322.

Bells-concerning their tones. D. T. JAMES. Mech. Eng. **62** (1940), Nr. 2, S. 117—121.

Interaction impedance of a system of circular pistons. S. J. KLAPMAN. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 289—295.

Neuere Ergebnisse der Geigenforschung. H. BACKHAUS. Z. VDI **84** (1940), Nr. 10, S. 179—180.

Akustische Eigenschaften von Geigen verschiedener Klangqualität. H. MEINEL. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 3, S. 124—129.

Möglichkeiten für eine Weiterentwicklung der Geige. R. VERMEULEN. Philips techn. Rdsch. **5** (1940), Nr. 2, S. 36—41.

Möglichkeiten für die Weiterentwicklung der Geige. G. BÜSCHER. Wirtsch. Techn. Verk. 1940, Nr. 12, S. 22.

Über die innere Reibung und die Strahlungsdämpfung von Geigen. E. ROHLOFF. Ann. Phys. (5) **38** (1940), Nr. 3, S. 177—198.

Über Frequenzkurven von Geigen. H. MEINEL. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 5, S. 283—300.

A scientific search for the secret of Stradivarius. F. A. SAUNDERS. J. Franklin Inst. **229** (1940), Nr. 1, S. 1—20.

Problems in the analysis of the tone of an open organ pipe. P. A. NORTHROP. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 90—94.

Klangspektren einer Silbermannorgel. W. LOTTERMOSER. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 6, S. 324—330.

Orgelbaufragen im Lichte der akustischen Forschung. E. THIENHAUS. Arch. Musikforsch. **4** (1939), S. 86, 98

The myth of equal temperament. LL. S. LLOYD. Music & Letters **21** (1940), S. 347—361.

The international standard of musical pitch. E. G. RICHARDSON. J. Roy. Soc. Arts. **88** (1940), S. 851—859.

The place of „hearing" in theory about music. LL. S. LLOYD. Musical Assoc. 66 th. Session (1940), S. 33—52.

Colour and music. W. D. WRIGHT. Nature, Lond. **146** (1940), Nr. 3702, S. 475—476.

ROHLOFF, ERNST. Über die innere Reibung von Holz und von Geigen. Dissertation Greifswald 1940.

The effect of wall materials on the steady-state acoustic spectrum of flue pipes. C. P. BONER & R. B. NEWMAN. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 83 bis 89.

Negative Charakteristik der Pfeifenzunge. J. ZAHRADNICEK u. R. NESPOR. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 17/18, S. 419—421.

The musical scale of the highland bagpipe. G. E. ALLAN. Phil. Mag. (7) **29** (1940), Nr. 193, S. 154—161.

Untersuchungen an Blockflöten. A. v. LÜPKE. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 1, S. 39—46.

Elettrodiapason automatico. S. BAGLIONI & A. MANFREDI. Ric. sci. Juli/Aug. 1940. Auszug in Alta Frequ. **9** (1940), Nr. 11, S. 703.

Zur Klangwirkung von Klavichord, Cembalo und Flügel. F. TRENDELENBURG, E. THIENHAUS u. E. FRANZ. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 6, S. 309—323. Verh. Dtsch. Phys. Ges. **21** (1940), Nr. 1, S. 7—9.

Gedanken zum Thema „Musik und Technik". E. THIENHAUS. Musik u. Kirche **12** (1940), S. 11.

Relazione sulle prove eseguite presso l'Istituto nazionale di elettroacustica per addiventre ad una valutazione obbiettiva delle qualità acustiche di alcuni violini. G. PASQUALINI. Ric. sci. **11** (1940), Nr. 9, S. 622—639.

Die stationäre und nichtstationäre Struktur von Klängen in dreidimensionaler Darstellung. H. BODE. Funk 1940, Nr. 20, S. 311—312.

The genesis of absolute pitch. A. BACHEM. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 4, S. 434—439.

21. Elektrische Musik

Elektrische Musik. Fr. HEEGARD. Ingenioren, Kopenh. **49** (1940) E 41—E 44, E 53—E 56.

Electronic music. L. E. C. HUGHES. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3666, S. 170—174.

The „solovox" electronic musical instrument. HAMMOND. Science **92** (1940), S. 10. 1940, Suppl. S. 12.

Electronic music. N. I. DANIEL. Commun. **20** (1940), Nr. 7, S. 26, 28—30.

Electronic musical instruments and the development of the pipeless organ. G. T. WINCH & A. M. MIDGLEY. J. Instn. electr. Engrs. **86** (1940), Nr. 6, S. 517—547 (Nr. 522). Electrician, Lond. **124** (1940), S. 9.

Die Lautsprechergeige. J. WINCKELMANN. Funkschau **13** (1940), Nr. 9, S. 140—141.

Grundsätzliches zum Selbstbau eines Melodiums. H. BODE. Funk 1940, Nr. 13, S. 197—201.

Ein Trautonium neuer Ausführung. O. STEPHANI. Funk 1940, Nr. 11, S. 167—172.

A new electronic musical instrument. E. L. KENT. J. Acous. Soc. Am. 11 (1940), Nr. 3, S. 352—356.

Das Trautonium. DIETZ DEGEN. Musik **33** (1940/1941), Nr. 3, S. 90—94.

L'orgue électrique à tuyaux. L. VELLARD. Rev. gén. Electr. **48** (1940), Nr. 2, S. 67—91.

Instruments de musique électronique et évolution de l'orgue sans tuyaux. A. J. GIVELET. Bull. Soc. franç. Electr. (5) **10** (1940), Nr. 115, S. 447—461.

The novachord. J. A. MATTHEWS. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 10, S. 489. Wireless Wld. **46** (1940), Nr. 1062, S. 499.

The production and analysis of tone by electrical means. G. G. RICHARDSON. Proc. Musical Assoc. 66th Session (1940), S. 53—68.

22. Piezoelektrische Kristalle

Physik und Technik der piezoelektrischen Erscheinungen. E. HAMEISTER. Telegr.-, Fernsp.-, Funk- und Fernseh-Techn. **29** (1940), Nr. 4, S. 122—125, Nr. 5, S. 151-157.

Quartz crystals. F. A. LENNBERG. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 147.

Quartz crystals. Their piezoelectric properties and use in control of high frequencies. History, theory, applications and performance. Nature of quartz and manufacture of crystals. C. F. BALDWIN. General Electric Rev. **43** (1940), Nr. 5, S. 188—194, Nr. 6, S. 237—243.

Oscilloscope patterns of damped vibrations of quartz plates and Q measurements with damped-wave amplitudes. H. A. BROWN. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** 1940), Nr. 5, S. 245—246.

A new quartz-crystal plate, designated the GT, which produces a very constant frequency over a wide temperature range. W. P. MASON. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 5, S. 220—223; Bell Teleph. Syst. Monogr. B—1236. 10 S.

Dickenschwingungen pieozelektrisch erregter Kristallplatten. R. BECHMANN. Hochfrequenztechn. **56** (1940), Nr. 1, S. 14—21.

Tritet crystal oscillator. I. KOGA & W. YAMAMOTO. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 5, S. 110—115.

Wave propagation in shearing quartz oscillators for high frequency. E. W. SANDERS. J. appl. Phys. **11** (1940), Nr. 4, S. 299—300.

Tonfrequente Steuer- und Filterquarze. L. RHODE. Z. techn. Phys. **21** (1940), Nr. 2, S. 30—34.

Vibration modes of rochelle salt crystal. N. TALAGI & M. Iso. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 8, S. 186.

Application of piezoelectric vibration pick-ups to measurement of acceleration, velocity and displacement. B. BAUMZWEIGER. J. Acous. Soc. Am. **11** (1940), Nr. 3, S. 303—307, 379.

A new method for the determination of the axes of quartz crystals by means of etch figures. W. G. CADY. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 144.

The use of an etched sphere of quartz in identifying the orientation of quartz plates. K. S. VAN DYKE. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 3, S. 144.

Weiterentwicklung des piezoelektrischen Meßverfahrens. S. MEURER. Forsch. Geb. Ing.-Wesen **11** (1940), Nr. 5, S. 237—245.

The development and application of quartz crystal technique. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 151, S. 403—407.

Crystal filters. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 11, S. 78 bis 80.

Projection television making use of the variable opacity crystals. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 11, S. 75 bis 76.

Quartz, from raw stock to finished crystal. Electronics, N. Y. **13** (1940), Nr. 11, S. 26—37.

On the right- und left-handdedness of quartz and its relation to elastic and other properties. K. S. VAN DYKE. Proc. Inst. Radio Engrs. **27** (1940), Nr. 8, S. 399—406.

Piezoelectric crystals. W. P. MASON & G. W. WILLARD. Proc. Inst. Radio Engrs. **27** (1940), Nr. 9, S. 428—429.

Relations between dimensions or disposition of electrodes and their electrical equivalent circuit constants in rectangular piezoelectric vibrators having longitudinal mode of vibration. Z. KAMAYACHI & T. ISHIKAWA. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 11, S. 243—246.

The manufacture of quartz crystals for high-frequency control. Electronics & Television, Lond. **13** (1940), Nr. 154, S. 539—542.

Wave propagation in shearing h. f. quartz oscillators. E. W. SANDERS. J. appl. Phys. **11** (19040), S. 299—300.

Crystal control of the mixer oscillator in a superheterodyne receiver. II. J. E. BENSON. A. W. A. Techn. Rev. **5** (1940), Nr. 1, S. 29—40.

A note on the determination of the equivalent electrical constant of a quartz-crystal resonator. G. BUILDER. A. W. A. Techn. Rev. **5** (1940), Nr. 1, S. 41—45.

General considerations of the crystal cutter. T. E. LYNCH & S. J. BEGUN. Commun. **20** (1940), Nr. 12, S. 9—11, 26.

Properties of Rochelle salt. III. H. MÜLLER. Phys. Rev. (2) **58** (1940), S. 565—573.

The location of hysteresis phenomena in Rochelle salt crystals. W. P. MASON. Phys. Rev. (2) **58** (1940), Nr. 8, S. 744—756.

The investigation of piezo-quartz plate oscillators by the interference method. M. KOTLJAREVKIJ & E. PUMPER. J. techn. Phys. (URSS) **11** (1940), Nr. 9, S. 843—853.

Beat-frequency crystal oscillator. J. KOGA & W. YAMAMOTO. Electrotechn. J., Tokyo **4** (1940), Nr. 6, S. 134 bis 137.

Electrical wave filters employing crystals with normal and divided electrodes. W. P. MASON & R. A. SYKES. Bell System techn. J. **19** (1940), Nr. 2, S. 221—248.

Regelbare Quarzfilter. H. PITSCH. Funk 1940, Nr. 23, S. 362—363.

Sur la vitesse de propagation du son dans le quartz. K. WULFSON. C. R., (Doklady) Acad. Sci. URSS **28** (1940), Nr. 9, S. 792—793.

A recorder for electrical potentials. The damping of piezoelectric systems. F. OFFNER. J. appl. Phys. **11** (1940), S. 347—352.

Messung der Eigenschwingungszahl piezoelektrischer Druckmeßgeräte. W. GOHLKE. Z. VDI **84** (1940), Nr. 36, S. 663—666.

Application of x-rays in the production of piezoquartz. V. ARKHAROV. J. techn. Phys. (URSS) **10** (1940), Nr. 15,S. 1268—1275.

Electro-acoustic reactions, with spezial reference to quartz crystal vibrators. A. T. STARR. Wireless Engr. **17** (1940), Nr. 201, S. 247—256, Nr. 202, S. 303 bis 309.

Die Eigenschaften von Quarzen bei Ton- und Mittelfrequenz. L. RHODE u. H. HANDREK. Z. techn. Phys. **21** (1940), Nr. 12, S. 401—405. Verh. Dt. Phys. Ges. (3) **21** (1940), Nr. 2, S. 47.

23. Ultraschall

Fortschritte der Ultraschallforschung. E. HIEDEMANN. Forsch. u. Fortschr. **16** (1940), Nr. 16/17, S. 180—181.

Eigenschaften und Wirkungen des Ultraschalles. F. SEIDL. Verh. Dtsch. phys. Ges. (3) **21** (1940), Nr. 1, S. 9—10.

Erzeugung und Anwendung von Ultraschall. R. LACHEMANN. Dtsch. Techn. **8** (1940), Nr. 8, S. 338—340.

The dispersion of supersonic waves in cylindrical rods of polycrystalline silver, nickel, and magnesium. S. K. SHEAR & A. B. FOCKE. Phys. Rev. **57** (1940), Nr. 6, S. 532—537.

Magneto striction oscillators. D. C. STENNING. Wireless Engr. **17** (1940), Nr. 199, S. 158—160.

Zerreißen von Makromolekülen mit Ultraschall. G. SCHMID. Chem. Ztg. **64** (1940), Nr. 87/88, S. 432—433.

On electrical phenomena associated with cavitation due to ultrasonic vibrations in liquid. J. FREKKEL. Acta physicochim. (Moskau) **12** (1940), N. 317—322.

Werkstoffprüfung mit Ultraschallwellen. H. MENDE. Radio-Amateur **17** (1940), Nr. 10, S. 303—306.

Ultrasonic velocities and adiabatic compressibilities of some organic liquids. J. BHIMASENACHAR & K. VENKATESWARLU. Proc. Indian Acad. Sci., Sect. A **11** (1940), Nr. 1, S. 28—31.

Elektrische Leitfähigkeit flüssiger Dielektrika und ihre Änderung durch Ultraschall. F. DEIDL. Z. Phys. **116** (1940), Nr. 5/6, S. 359—365.

Ultraschallgeschwindigkeiten in Stickstoff, Stickoxyd und Kohlenoxyd zwischen 20 und 200° C, gemessen mit einem neuen Verfahren. D. BENDER. Ann. Phys. (5) **38** (1940), Nr. 3, S. 199—214.

Beeinflussung des Flammpunktes von Mineralölen durch Ultraschallwellen. E. FURBACH. Akust. Z. **5** (1940), Nr. 4, S. 212—215.

Ultraschallabsorption in Gasen. H. H. KELLER. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 16, S. 386—393.

Die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung von Gußteilen mit Hilfe des Ultraschalls. F. SCHROEDER. Gießerei **27** (1940), Nr. 10, S. 186—188.

Entwicklung einer optischen Methode zur Messung von Ultraschallabsorptionen in Gasen und Flüssigkeiten. O. PETERSON. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 2, S. 29—36.

Theorie der optischen Ultraschallabsorptionsmessung. E. DAVID. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 2, S. 37—41.

Zerreiben von Makromolekülen. Versuch einer Erklärung der depolymerisierenden Wirkung von Ultraschallwellen. G. SCHMID. Phys. Z. **14** (1940), Nr. 13/14, S. 326—337.

Über die Untersuchung von Ultraschallwellen in Flüssigkeiten mit Hilfe des Jamin'schen Interferometers. R. BÄR. Helv. phys. acta **13** (1940), Nr. 3, S. 193—203.

Der Ultraschall, ein neues Hilfsmittel der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. F. SCHRÖDER. Autom. techn. Z. **43** (1940), Nr. 5, S. 125—127.

Supersonic light control and its application to television. Electr. Engng. **59** (1940), Nr. 4, S. 151.

Absorption of supersonic waves in water and in aqueous suspensions. G. K. HARTMANN & A. B. FOCKE. Phys. Rev. (2) **57** (1940), Nr. 3, S. 221—225.

Supersonic effects of water vapour in CO_2 and their relation to molecular vibrations. W. H. PIELEMEIER, H. L. SAXTON & D. TELFAIR. J. chem. Phys. **8** (1940), S. 106—115.

Über eine Methode zur Bestimmung der elastischen Konstanten isotroper Festkörper mit Hilfe von Ultraschallwellen. R. BÄR. Helvetica phys. acta **13** (1940), Nr. 1, S. 37—41.

Theorie der optischen Ultraschallabsorptionsmessung. E. DAVID. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 2, S. 37—41.

Entwicklung einer optischen Methode zur Messung von Ultraschallabsorptionen in Gasen und Flüssigkeiten. O. PETERSEN. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 2, S. 29—36.

Velocity and absorption of ultra-acoustic waves in some binary liquid mixtures. J. G. MIKHAILOV. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **26** (1940), Nr. 2, S. 145 bis 146.

Zur Kinetik der Ultraschalldepolymerisation. GERHARD SCHMID. Z. phys. Chem. (A) **186** (1940), Nr. 3, S. 113 bis 128.

Entgasung von Aluminium durch Schall und Ultraschall. TH. RUMMEL. W. ESMARCH u. K. BEUTHER. Metall-Wirtsch. **19** (1940), Nr. 46, S. 1029—1033. Wiss. Veröff. Siemens-Werken Werkstoff-Sonderheft 1940, S. 78—87.

The influence of the angle of incidence of light on the diffraction of light by supersonic waves. E. A. NEUMANN. Proc. Phys. Soc. **51** (1939), Part. 5, Nr. 287, S. 794—802.

Ultrasonics and elasticity. H. F. LUDLOFF. J. Acous. Soc. Am. **12** (1940), Nr. 1, S. 193—197.

Dispersion and selective absorption in the propagation of ultrasound in fluids contained in tubes. GEORGE S. FIELD. Canad. J. Res. (A) **17** (1940), Nr. 1, S. 197 bis 201.

Ultrakorte lydbolger. A. JUHL PETERSEN. Fysisk Tidsskr. **38** (1940), Nr. 1/2, S. 16—43.

On the disintegration of the starch paste caused by the irrediation of ultrasonic waves. S. ONO. Rev. phys. chem. Japan **14** (1940), Nr. 1, S. 25—41, Nr. 2, S. 101.

On the mechanism of the oxidation effect of ultrasonic vibrations. S. BRESLER. Acta Physicochim. URSS **12** (1940), Nr. 3, S. 323—326.

On electrical phenomena associated with cavitation due to ultrasonic vibrations in liquids. J. FRENKEL. Acta Physicochim. URSS **12** (1940), Nr. 3, S. 317—322.

Serological properties of extracts of heaemolytic streptococci prepared by ultrasonic vibrations. H. LOEWENTHAL & F. L. HOPWOOD. Nature, Lond. **145** (1940), Nr. 3683, S. 858—859.

Intensitätsverteilung des Lichtes in den an fortschreitenden Ultraschallwellen in Flüssigkeiten erzeugten Beugungsspektren. O. NOMOTO. Proc. Phys. Math. Soc. Japan (3) **22** (1940), Nr. 4, S. 314—320.

Die Stoßanregung intramolekularer Schwingungen in Gasen und Gasmischungen. VI. Schallabsorptions- und Dispersionsmessungen in CH_4, COS und ihren Mischungen mit Zusatzgasen. A. EUCKEN u. S. AY-

BAR. Z. phys. Chem. (B) **46** (1940), Nr. 4, S. 195 bis 211.

Die Stoßanregung intramolekularer Schwingungen in Gasen und Gasmischungen. VII. Theorie der Schalldispersion bei Vorhandensein mehrerer Normalschwingungen. K. SCHÄFER. Z. phys. Chem. (B) **46** (1940), Nr. 4, S. 212—228.

Gasströmungen mit Übergang von Unterschall- zu Überschallgeschwindigkeiten. H. GÖRTLER. Z. angew. Math. Mech. **20** (1940), Nr. 5, S. 254—262.

Ultrasonic velocity and absorption in liquids. G. W. WILLARD. Phys. Rev. (2) **57** (1940), Nr. 11, S. 1057.

Ultraschalldispersion und Bruchgeschwindigkeit. A. SMEKAL. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 20, S. 475—480. Verh. Dtsch. Phys. Ges. **21** (1940), Nr. 2, S. 27—28.

Ultraschallabsorption in Flüssigkeiten, optisch gemessen. A. LINDBERG. Phys. Z. **41** (1940), Nr. 20, S. 457 bis 467.

Der Ultraschall. Seine gegenwärtigen und zukünftigen kriegstechnischen Anwendungsmöglichkeiten. F. GATTA. Rass. Cult. Mil. 1940, Nr. 2, S. 83—95.

Wirkung des Ultraschalles auf die Samen der Zuckerrübe. G. K. DAWYDOW. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS **29** (1940), Nr. 7, S. 491—493.

Abhängigkeit der Ultraschallbeugungsfiguren bei Gläsern von der Prismenform. H. RÖTGER. Naturwiss. **28** (1940), Nr. 40/41, S. 644/645.

Chemische Wirkungen des Ultraschalles. W. DEMANN & H. R. ASBACH. Techn. Mitt. Krupp Forschungsber. **3** (1940), S. 12—25.

Diffraction of light by supersonic waves in liquids. A. W. SMITH & L. M. EWING. Amer. J. Phys. **8** (1940), S. 57—59.

The propagation of supersonics in liquids. E. G. RICHARDSON. Proc. Phys. Soc. **52** (1940), Nr. 4, S. 480—488, Nr. 292.

Origin of phase difference between pressure-and density waves-during molecular asborption of sound in gases. Simple derivation of dispersion and absorption formulae. O. NOMOTO. Proc. Phys. Math. Soc. Japan **22** (1940), S. 77—90.

A constant-path acoustic interferometer for gases at variable pressure. C. M. HERGET. Rev. sci. Instrum. **11** (1940), S. 37—39.

Die Wirkungen des Ultraschalls und seine Anwendungsmöglichkeiten. E. FREDLUND. Tekn. T., Stockholm **70** (1940), Nr. 36, S. 349—352, Nr. 39, S. 374—378.

Bestrahlung der Schmelze des Ammoniakkatalysators mit Ultraschall. N. N. PSCHENITZYN, N. W. SSIDOROW & D. G. STERNINA. J. Chim. appl. (russ.) **13** (1940), S. 76—78.

Die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers im Ultraschallfeld. S. S. TURNANSKI u. M. S. SCHULMANN. Colloid J. (russ.) **5** (1939), S. 961—964.

Utilizzazione degli ultrasuoni. G. OGGIONI. Rass. Poste Telecomun. **12** (1940), Nr. 11, S. 759—765.

Sopra la birifrangenza provocasa nei liquidi da ultrasuoni. S. PETRALIA. Nuovo Cimento. N. S. **17** (1940), S. 378—389.

Compressibilità di soluzioni di elettroliti mediante determinazione di velocità degli ultrasuoni. A. GIACOMINI & B. PESCE. Ric. sci. **11** (1940), Nr. 9, S. 605 bis 618.

Ultrasonic absorption in liquids. E. C. GREGG jr. Phys. Rev. (2) **58** (1940), Nr. 2, S. 208.

Absorption of supersonic waves in gases. J. F. ZARTMAN & F. H. SMITH. Phys. Rev. (2) **58** (1940), Nr. 2, S. 208—209.

Scattering of ultra-sound near the critical point of mixing of two liquids. A. GORODETZKIJ. J. experm. theor. phys. **10** (1940), Nr. 6, S. 679—693, 694—699.

Propagation of supersonics in liquids. E. G. RICHARDSON. Phys. Soc., Proc. **52** (1940), S. 480—488.

Specific heats and dispersion of supersonic velocity in organic vapours. S. K. K. JATKAR. Indian J. Phys. **13** (1939), S. 445—449.

Dispersion of supersonic waves in cylindrical rods of polycrystalline Ag, Ni and Mg. S. K. SHEAR & A. B. FOCKE. Phys. Rev. (2) **57** (1940), S. 527—537.

Supersonic velocities and adiabatic compressibilities of organic liquids. J. BHIMASENATHER & K. VENKATESWARLU. Indian Acad. Sci., Proc. Sect. A **11** (1940), S. 28—31.

Absorption of supersonic waves in water and in aqueous suspensions. G. K. HARTMANN & A. B. FOCKE. Phys. Rev. (2) **57** (1940), S. 221—225.

Diffraction of light by supersonic waves in liquids. A. W. SMITH & L. M. EWING. Amer. J. Phys. **8** (1940), S. 57—59.

Effect of supersonic waves on colloidal phenomena. Investigation of the effect on solutions of cane sugar. N. SATA & Y. HARISAKI. Chem. Soc. Japan, Bull. **15** (1940), S. 180—185.

Ultra-sonic velocity in carbon dioxide and ethylene in the critical region. C. M. HERGET. J. Chem. Phys. **8** (1940), S. 537—542.

Ultrasonic and their application in echo sounding. J. C. GRANT. Proc. Inst. Radio Engrs. **28** (1940), Nr. 10, S. 488.

Ultrasonics-a survey. J. C. HUBBARD. Amer. J. Phys. **8** (1940), S 207—221.

Eigenschaften und Wirkungen des Ultraschalles. F. SEIDL. Verh. Dtsch. Phys. Ges. (3) **21** (1940), Nr. 1, S. 9—10.

Zur Frage der Mechanismus der chemischen Wirkung des Ultraschalls. S. S. URASOWSKI & J. G. POLOTZKI. Acta physicochim. (Moskva) **13** (1940), S. 443—453.

A new technique for determining ultrasonic velocities in liquids. NARASIMHAIYA & DORAISWAMI. Indian J. phys. **14** (1940), Part. 3, S. 187—189.

PREKER, NORBERT. Über Ultraschallwellen und ihre chemische, biologische und medizinische Wirkungsweise. Dissertation Köln. 15 S.

RIECKMANN, PAUL. Absorption vom Ultraschall in Quecksilber. Dissertation Hamburg 1939 (vgl. Phys. Z. 40, Nr. 18).

HABHÜTZEL, JAKOB. Schweres Seignettesalz. Dielektrische Untersuchungen an $KNaC_4H_2D_2O_3 \cdot 4\,D_2O$-Kristallen. Dissertation TH Zürich 1939.

ROMMEL, OTTO. Über die Einwirkung von Ultraschall auf Hochpolymere. Dissertation Stuttgart 1939. (Z. phys. Chem. Abt. A, Bd. 185).

KOCH, HANS-ERICH. Brücke zur Messung der Eigenfrequenzen von Ultraschallquarzen. Dissertation Hannover 1940.

Wesemeier, Kurt. Untersuchungen über die Einwirkung von Ultraschallwellen auf Diastase, Stärke, Glykogen und Rübenzucker. Dissertation Köln 1939.

Mahler, Fritz. Die Fresnelsche Beugungserscheinung an Ultraschallwellen und ihre Auswertung nach der Methode von Mascart. Dissertation Jena 1939. (Ann. Phys. (5) **34**, Heft 8).

Wolf, Hans. Die Einwirkung von Ultraschallwellen auf Insulin. Dissertation Köln 1939.

Bücher

Audio Devises, Inc. How to make good recordings. New York 1940. 1,25 Dollar.

Bährens, Kurt. Der Schallfilm. Verlag f. Recht u. Verwaltung, Berlin 1940.

Barkhausen, H. Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendungen auf mechanische und elektrische Schwingungen. 2. Aufl. Leipzig: S. Hirzel, 1940. 126 S. 118 Abb. 5,— bis 6,50 RM.

Boer, K. de. Sterofonische Guluidsweergave (Räumliche Schallwiedergabe). Philips Sonderdruck Nr. 1522 (1940), S. 1—116.

Curry, Robert. The mechanism of the human voice. London: J. & A. Churchill, Ltd. 1940. 205 S. 20 Abb. 10 s 6 d.

Davis, A. H. & C. J. Morreau. The reduction of noise in buildings. 52 S. London: H. M. Stationery Office. 1 sh.

Duncan, J., & S. G. Starling. A text-book of physics, for the use of students of science and engineering. Part. IV. Sound. London: MacMillan & Co., Ltd. 1940 S. 663—776. 2 S 6 d.

Elektroakustisches Taschenbuch. Herausgeb. Elektrotechn. Labor. Georg Neumann & Co. Bearbeitet von E. Rickmann u. H. Heyda. 260 S., 130 Abb., VDI-Verlag Berlin 1940.

Feldtkeller, Richard. Einführung in die Theorie der Rundfunk-Siebschaltungen. Leipzig: S. Hirzel 1940. 180 S. 75 Abb. 10,50/12,— RM.

Fitzmaurice, R. & William Allen. Sound transmission in buildings. 48 S. London: His Majesty's Stationery Office 1940.

Gabler, W. Die Akustik des Tonfilmtheaters. 2. Aufl. Halle: Knapp 1940. 40 S.

James, A. Lloyd. Speech signals in telephony. London: Sir J. Pitman & Sons, Ltd. 1940.

Krall, G. Meccanica tecnica delle vibrazioni. Redatto con la collaborazione di R. Einaudi. (Pubblicazioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche.) Parte Prima: Sistemi discreti. 412 S. Parte Seconda: Sistemi continui. 448 S. Bologna: Nicola Zanichelli 1940. 210 Lire.

Kaulhausen, M. H. Die Typen des Sprechens und ihr Wert für die Spracherziehung. 67 S., 1940. 5 RM.

Ker Wilson, W. Practical solution of torsional vibration problems. Vol. I. 2nd. ed. 731 S. London: Chapman & Hall, Ltd. 1940. 42 s.

Lloyd, Ll. S. The musical ear. London Oxford University Press. 1940. 88 S. 29 Abb. 6 s 6 d.

Lübcke, Ernst. Schallabwehr im Bau- und Maschinenwesen. 6 Vorträge, Berlin: J. Springer 1940. 166 S. 145 Abb. 15/16,50 RM.

Macdermott, M. M. Vowel sounds in poetry: their music and tone-colour. London: Kegan Paul & Co., Ltd. 1940 (Psyche Monographs, Nr. 13). 5 s.

Marks, Perey, L.: Acoustics, a handbook for architects and engineers. 144 S. London: The Technical Press Ltd. 1940, 7s, 6d.

Olson, Harry. Elements of acoustical engineering. New York. D. van Nostrand Comp. 1940, 344 S. 209 Abb. 6 Dollar.

Reyner, J. H. Cathode-ray oscillographs. London: I. Pitman & Sons, Ltd. 1940. 177 S. 8 s 6 d.

Richardson, E. G. The acoustics of orchestral instruments and of the organ. 1940. 158 S. 31 Abb. 10 s 6 d.

Richardson, E. G. Sound. A physical text-book. 3rd ed. New York: Edward Arnold & Comp. 1940. 348 S. 188 Abb. 5,25 Dollar.

Rider, John F. Frequency modulation. New York: John F. Rider 1940. 136 S. 1 Dollar.

Schwandt, E. Schallplatten. Bastelbuch. Selbstaufnahme- und Wiedergabe Praktikum. 2. Aufl. Leipzig: Hachmeister u. Thal 1940, 151 S., 65 Abb. (Lehrmeister-Bücherei 1205/08.) 1,40 RM.

Schön, Max. The psychology of music. New York: The Ronald Press Comp. 1940. 3,25 Dollar.

Smith, Ernest. Simplified filter design. Published by RCA Institutes Technical Press, New York. 57 S. 1 Dollar.

Thornton, D. Laugharne. Mechanics applied to vibrations and balancing. New York, J. Wiley & Sons, Inc. 1940, 529 S. 7,50 Dollar.

Tuplin, W. A. Vibration in machinery. London: Pitman 1940. 111 S. 7 s 6 d.

Tessarotto, M. Teoria e tecnica delle vibrazioni meccaniche. 376 S., 288 Abb. Roma: Edizioni Italiana 1940. 94,50 Lire.

Vigoureux, P. Quartz oscillators. Issued by the Department of Scientific and Industrial Research. London: H. M. Stationery Office. 131 S., 4s 6d.

Vinaccia, G. Gli agglomerati di sughero nell'edilizia moderna. La tecnica moderna dell'isolamento termoacustico. 209 S., 97 Abb., Roma 1940. 21 Lire.

Weinig, Fritz. Aerodynamik der Luftschraube. Berlin: J. Springer 1940, 484 S., 374 Abb. 48.— RM.

Wood, Alexander. Acoustics. The student's physics. Vol. II. 580 S., 310 Abb. London: Blackie 1940. 27 s 6 d.

Verantwortlicher Schriftleiter: Oberregierungsrat Dr. Martin Grützmacher, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig, Königstr. 2. — Druck: A. Heine G. m. b. H., Gräfenhainichen. — „I. v. W. g." — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 1. — Printed in Germany

AEG
Technisch-physikalische Sondergeräte

Elektronenstrahl-Röhren

sind **Hochvakuumröhren** mit besonders hellem und kleinem Leuchtfleck. Der Schirmdurchmesser beträgt in der Regel bei **Einstrahlröhren** 48, 60, 70 oder 100 mm, bei **Zweistrahlröhren** 100 oder 160 mm. Im Sockel sind alle Zuleitungen vereint. Die Ablenkempfindlichkeit liegt bei etwa 0,2 mm V. Die 100- und 160-mm-Röhren werden auch als **Nachbeschleunigungsröhren** geliefert. Für Sonderzwecke werden Röhren mit Plan- oder Nachleuchtschirm und mit seitlich herausgeführten Meß- und Zeitplatten-Anschlüssen hergestellt.

Elektronenstrahl-Oszillographen

werden als **Klein-, Einstrahl-, Zweistrahl- oder Mehrfach-Oszillographen** und als **Hochleistungs-Oszillographen** für die Aufnahme einmaliger Vorgänge geliefert mit stetig regelbarem Kippkreis, eingebautem Meßverstärker und neben den Anschlußklemmen, direkten kapazitäts- und induktionsarmen Zuleitungen zu den Meßplatten. Die **schräg-liegende Frontplatte** erlaubt eine leichte Beobachtung des Leuchtschirmbildes, wobei in sehr hellen Räumen das ausziehbare Lichtschutzrohr störendes Nebenlicht fernhält. Sämtliche Geräte haben einen abnehmbaren Deckel zum Schutz des Rohres und der Bedienungsteile.

Zubehör

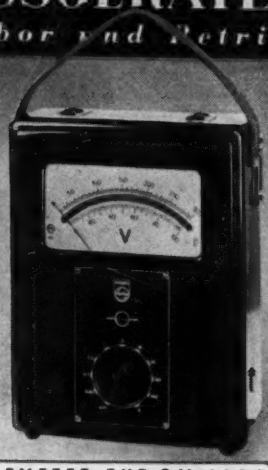
Durch zahlreiches Zubehör werden die Anwendungsmöglichkeiten des Oszillographen wesentlich vermehrt. Die **Nachbeschleunigungs-Einrichtung** liefert die für die etwa 25fache Helligkeitssteigerung des Leuchtflecks erforderliche zusätzliche Hochspannung. Durch diese hohe Leuchtfleckhelligkeit ist mit der **Projektions-Einrichtung** das Abbilden des Schirmes auf eine große Fläche möglich und mit den lichtstarken **Photographier-** und **Registrier-Einrichtungen** die photographische Aufnahme auch kürzester Meßvorgänge durchführbar.

Verlangen Sie ausführliche Druckschriften

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT
Technisch-Physikalische Werkstätten, Berlin N 65, Seestraße 64

7728

MESSGERÄTE
für Labor und Betrieb



N.F.-VOLTMETER TYP GM 4132
Das Spannungsmessgerät für die Tonfrequenz
Messbereich: 0,1 mV - 300 V; Frequenzbereich: 25 Hz - 15 kHz
Eingangswiderstand: 1,2 MΩ; Netzspeisung: keine Batterien
Verlangen Sie Katalogblatt K 2

PHILIPS-
ELECTRO-SPECIAL GMBH
BERLIN W 62 KURFÜRSTENSTRASSE 126

MESSGERÄTE · KATHODENSTRAHLROHREN · SPEZIALROHREN

NEUERSCHEINUNG 1941

PHYSIK UND TECHNIK DES TONFILMS

Von

Dr. H. Lichte und Dr. A. Narath

Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. und Klangfilm G. m. b. H.

VIII, 381 Seiten mit 296 Abbildungen. Gr.-8°
In Ganzleinen gebunden 26,— RM.

Dieses Werk ist die erste wissenschaftliche Darstellung, welche die deutschen und ausländischen Tonfilm-Verfahren, soweit sie Bedeutung haben und Anwendung finden, zusammenfassend darstellt.

VERLAG S. HIRZEL - LEIPZIG C 1

ERFINDUNGEN

neue Ideen, Verfahren, Vorschläge auf den Gebieten

Photographie, Tonfilm, Elektroakustik

zur Verwertung von führendem Unternehmen gesucht. Angebote unter N. 6872 an Ala, Berlin W 35.

Rel 7.01/2

SIEMENS & HALSKE AG · WERNERWERK · BERLIN-SIEMENSSTADT

Einführung in die Vierpoltheorie der elektrischen Nachrichtentechnik

Von Professor Dr. R. Feldtkeller, Stuttgart

2., verbesserte und erweiterte Auflage / Januar 1942

Etwa 200 Seiten mit 100 Abb. 8°. Broschiert etwa 10,50 RM. Leinen etwa 12,— RM.

Telegraphen-, Fernsprech-, Funk- und Fernseh-Technik: Die Vierpoltheorie entwickelt auf der Grundlage von erstaunlich wenig Voraussetzungen eine Fülle von Gesetzmäßigkeiten, denen alle Vierpole gehorchen. Das Buch von Feldtkeller schließt eine wirkliche Lücke im deutschen Schrifttum in meisterlicher Art. Der ganze Stoff wird aus möglichst allgemeinen und letzten Erkenntnissen folgerichtig und scharfsinnig entwickelt und in so guter Gliederung aufgebaut, daß es gelingt, die große Fülle der Gesetzmäßigkeiten von Vierpolen in einem verhältnismäßig engen Rahmen einzufangen. Man fühlt auf jedem Blatt die Persönlichkeit des selbständigen und überlegenen Gestalters. Den Fernmeldetechniker geht dieses Buch besonders an. Es sollte daher in der Büchersammlung für seine Berufsarbeit nicht fehlen. Aber auch dem Studierenden sei es bestens empfohlen.

Die neue Ausgabe des bekannten Buches ist wesentlich verbessert und erweitert worden. Die wichtigen Fortschritte der Vierpoltheorie seit Erscheinen der ersten Auflage sind berücksichtigt. Einige Abschnitte sind neu geschrieben, andere durch viele Beispiele vermehrt, welche die Anwendung der Vierpoltheorie in der elektrischen Nachrichtentechnik veranschaulichen. Neu hinzugekommen ist auch ein Kapitel über äquivalente Schaltungen, da dieses Thema für die Praxis zunehmend an Bedeutung gewinnt. Eingefügt sind ferner drei Zahlentafeln, ein Verzeichnis der Abkürzungen, ein Schrifttumsverzeichnis und ein Stichwortverzeichnis.

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG

Eingegangene Bücher

(Eingehende Besprechung vorbehalten. Rücksendung nicht besprochener Bücher ist nicht in jedem Falle möglich.)

H. Hecht, Die elektroakustischen Wandler, Gr.-8°, 243 S. m. 33 Abb. Leipzig 1941. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. Br. 12,— RM., geb. 13,50 RM.

Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Band 24. 282 S., Leipzig 1940. S. Hirzel, Leipzig C 1. Kart. 21,— RM.

J. Joos-Kaluza, Höhere Mathematik für den Praktiker, 2. Auflage. Gr.-8°, 368 S. m. 85 Abb. Leipzig 1940. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. Br. 23,— RM., geb. 24,50 RM.

Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 1940 F. Gladenbeck, 432 S. Berlin 1941. Verlag für Wissenschaft und Leben Georg Heidecker, Berlin-Friedenau. Geb. 22,— RM.

Heinrich Dörrie, Vektoren. Gr.-8°, 300 S. m. 69 Abb. München 1941. R. Oldenbourg, München. Geb. 13,50 RM.

R. Doerfling, Mathematik für Ingenieure und Techniker, 2. Auflage, Gr.-8°, 533 S. m. 290 Abb. München 1940. R. Oldenbourg, München. Geb. 9,60 RM.

Ingenieur-Fortbildung, Vorträge u. Lehrgänge Oktober-Dezember 1941, Nationalsozialistischer Bund Deutscher Technik 84 S. Berlin 1941. Wilhelm Limpert, Berlin SW 68.

Praktische Lärmbekämpfung

nach wissenschaftlichen Erkenntnissen

gegen Schallübertragung durch Bauteile, gegen Halligkeit lärmerfüllter Räume, zur Hörsamkeitsregelung von Sälen, gegen Erschütterungsübertragung von Maschinen

Ausstattung von Schallmeßräumen

Bewährte Dämmstoffe und Methoden
Erste Referenzen

Werner GENEST GmbH. - Berlin-Neukölln A
Hermannstr. 258, Tel. 602066
Stuttgart-N Wien IV/50

GENEST

*NEUERSCHEINUNG * NOVEMBER 1941*

Drahtloser Überseeverkehr

Von Dr.-Ing. P. KOTOWSKI u. Dipl.-Ing. H. WISBAR

Telefunken-Laboratorium / Berlin

XII, 243 Seiten mit 95 Abbildungen. 8°. Ganzleinen 14,50 RM.

Aus dem Inhalt:

A. Größe und Bedeutung des drahtlosen Überseeverkehrs
B. Vergleichgrößen des Kabelverkehrs
C. Übertragungscharakteristiken des Überseefunks
I. Die technischen Anforderungen an eine Telegraphie-Betriebszentrale / II. Die technischen Anforderungen an eine Telephonie-Betriebszentrale / III. Die technischen Aufgaben der Sendestelle / IV. Die technischen Aufgaben der Empfangsstelle
D. Langwellenverbindungen
I. Geschichtliche Entwicklung / II. Entwicklung der Wellenskala / III. Langwellenantennen / IV. Langwellen-Telephonie (England—Amerika)
E. Kurzwellenverbindungen
I. Geschichtliche Entwicklung / II. Die Ionosphäre / III. Besondere Hilfsmittel des Kurzwellenverkehrs
F. Der Einseitenbandbetrieb
I. Vorteile des Einseitenbandbetriebes / II. Die Trägerbehandlung / III. Die Filtertechnik / IV. Empfängeroszillatoren beim Einseitenbandbetrieb
G. Der Mehrfachempfang
I. Arten des Mehrfachempfanges / II. Einwirkung des Mehrfachbetriebes auf die Uebertragungsfehler / III. Die Schwundregelung beim Mehrfachbetrieb / IV. Die Zusammenfassung der Ausgangsspannungen
H. Empfangsanlagen mit schwenkbarer Antennencharakteristik
I. Die ideale räumliche Antennencharakteristik / II. Ruckweise geschwenkte Antennencharakteristiken / III. Stetig schwenkbare Antennencharakteristiken
J. Beschreibungen von Anlagen des Überseefunks
I. Betriebszentralen / II. Sendestelle Nauen / III. Empfangstelle Beelitz

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG

Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen

Von Dr. **ARNOLD SCHOCH**, Berlin

Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule Berlin

VIII, 119 Seiten mit 87 Abbildungen. 1938. Ganzleinen 6,20 RM.

Die Bauzeitung: Durch die Anwendung elektro-akustischer Hilfsmittel war es in den letzten Jahren möglich, die akustischen Untersuchungsmethoden außerordentlich zu verfeinern. Hieraus ergaben sich auch große Fortschritte auf dem Gebiet der Schalldämmung, die in dieser wertvollen Schrift niedergelegt sind. Sie behandelt u. a.:

die Einführung in die physikalischen Grundlagen,
die Schall- und Erschütterungsempfindungen und ihre Beziehungen zu den physikalischen Schallgrößen,
den Schall in geschlossenen Räumen und überhaupt die Raumakustik,
den Luftschalldurchgang durch Öffnungen,
die Übertragung von Luftschall durch Wände und den Körperschall.

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG C 1

Soeben erschien die 7. Auflage des Werkes:

Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften

Von Prof. Dr. BERNHARD BAVINK

XII, 796 Seiten mit 92 Abb., dazu 1 Tafel und 1 Bildnis des Verfassers. Leinen 17,– RM.

Die Naturwissenschaften 1941, Heft 27: Als Unterbau für die Naturphilosophie gibt dieses Werk eine so vollständige, zuverlässige Übersicht über den Gesamttatsachenbestand der Chemie und Physik, der Astronomie und der Biologie einschließlich der Psychologie, wie sie seit Humboldts „Kosmos" kaum mehr ein einzelner gegeben hat. H. Kienle, Potsdam.

Zeitschrift für technische Physik 1941, Heft 6: Bavink hat mit großer Kunst die bewegenden Gedanken herausgearbeitet und führt gleichzeitig in die experimentellen Bemühungen um die Entscheidung über die Theorien ein. Die großen wissenschaftlichen Zusammenhänge sind ihm das Wichtigste. Sein Werk stellt eine hervorragende Leistung eines Polyhistors dar, der zugleich die von ihm dargestellten Gebiete klar und kritisch durchdringt und fesselnd zu gestalten versteht. Ernst Lau.

Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht: Exakte und zugleich klarste Darstellung der für die Naturerkenntnis wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Naturwissenschaften und die philosophische Verarbeitung des Tatsachenmaterials von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus sind die bekannten Vorzüge des Buches. Wenn jemand sich überhaupt für Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge interessiert, so wird er reichsten Gewinn aus diesem von einem hohen Idealismus erfüllten Buch entnehmen. Wer in irgendeinem naturwissenschaftlichen Fach unterrichtet, kann auf die Anschaffung dieses Werkes nicht verzichten, da es nicht nur einen hervorragenden Ueberblick über die Naturwissenschaften vermittelt, sondern auch eine Fülle von Einzeldarstellungen enthält, die schönste Anregungen für den Unterricht liefern.

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG C 1